

Bazı Taze Fasulye Genotiplerinde Kök Bölgesinde Oluşan  
Su Fazlalığına Toleransın Belirlenmesi

Gözde Çelik

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Ağustos 2010

Determination of Tolerance to Excess Water in Root Regions of Some Green Bean  
Genotypes

Gözde Çelik

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Horticulture

August 2010

Bazı Taze Fasulye Genotiplerinde Kök Bölgesinde Oluşan  
Su Fazlalığına Toleransın Belirlenmesi

Gözde elik

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç. Dr. Ece TURHAN

Ağustos 2010

## ONAY

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi GÖZDE ÇELİK'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Bazı Taze Fasulye Genotiplerinde Kök Bölgesinde Oluşan Su Fazlalığına Toleransın Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç.Dr. Ece Turhan

**İkinci Danışman** : -

### **Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye:** Doç. Dr. Ece Turhan

**Üye:** Prof. Dr. Şebnem Ellialtıoğlu

**Üye:** Doç. Dr. Hatice Gülen

**Üye:** Yrd. Doç. Dr. Yasemin Evrenosoğlu

**Üye:** Yrd. Doç. Dr. Ebru Ataşlar

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun.....tarih ve.....  
sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bazı taze fasulye genotiplerinde (Beyaz Fasulye, Boncuk Sırık, Kökez, Oturak, Sırık) kök bölgesinde oluşan su fazlalığına tolerans morfolojik ve fizyolojik açıdan araştırılmıştır.

Bitkiler 26/18 °C sıcaklık (gündüz/gece), % 70 nem ve 450  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık yoğunluğu olacak şekilde ayarlanmış bitki büyütme dolabında yetiştirilmiştir. Fideler 3-4 yapraklı olduğu dönemde 3 gün süre ile su fazlalığı koşullarına maruz bırakılmışlardır. Deneme sonunda sökülen bitkilerden alınan yaprak örneklerinde, yaprak alanının su fazlalığı uygulaması ile önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir. Yaprak alanındaki değişimler genotipler arasında farklılıklar olduğunu göstermiştir. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK) ve Turgor Kaybı (TK) su fazlalığından etkilenmemiştir. Su fazlalığı uygulaması toplam klorofil miktarını önemli derecede düşürmüştür. Su fazlalığı stresi koşullarında, genotiplere ve uygulamalara bağlı olarak bitkilerin kök ve yapraklarında toplam şeker ve Malondialdehit (MDA) miktarlarında artışlar veya azalışlar olduğu gözlenmiştir. Ayrıca genotiplerin kök ve yaprak örneklerinde hücresel zararlanma dereceleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak değerlendirmeye alınan 5 taze fasulye genotipinin su fazlalığına toleranslarının kök ve yaprak bölgesine göre farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen tüm parametreler dikkate alındığında, Boncuk Sırık genotipinin su fazlalığına göreceli olarak tolerant olduğu, Sırık ve Kökez genotiplerinin ise nispeten daha hassas genotipler olduğu ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Phaseolus vulgaris* L., Taze Fasulye, Su Fazlalığı Stresi, Stres Toleransı

## SUMMARY

Tolerance to excess water in root regions of some green bean genotypes (Beyaz Fasulye, Boncuk Sırık, Kökez, Oturak, Sırık) were investigated in terms of morphological and physiological.

Plants were grown in plant growth chamber at 26/18 °C (day/night) temperature with relative humidity 70 % and 450  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  light intensity. Seedlings were exposed to excess water stress for 3 days when the plants had developed 3-4 true leaves. At the end of the experiment, leaf area was reduced significantly by excess water treatment. The changes in leaf area showed differences between genotypes. It was found that, excess water treatment did not affect the Leaf Relative Water Content (LRWC) and Turgor Losses (TK) values. Excess water treatment decreased total chlorophyll content significantly. It was observed some increases and decreases in the total sugar and Malondialdehyde (MDA) contents in root and leaf parts depending on genotypes and treatments during excess water stress. Beside that, it was determined membrane injuries ratio in root and leaf samples.

As a result, it was determined that the tolerance to excess water of 5 evaluated green bean genotypes, were change depending on root and leaf part. According to the general evaluation, Boncuk Sırık was the tolerant genotype, whereas Sırık and Kökez were determined as more sensitive genotypes.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L., Green Bean, Excess Water Stress, Stress Tolerance

## TEŞEKKÜR

Bu konuda çalışmam için beni yönlendiren ve çalışmalarım boyunca bilgisini ve tecrübesini benden esirgemeyen Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Ece TURHAN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim sürecince yardımını ve bilgisini esirgemeyen değerli Hocam Yrd. Doç. Dr. Yasemin EVRENOSOĞLU'na çok teşekkür ederim. Her konuda olduğu gibi tezin deneme aşamasında da yardımını ve desteğini gördüğüm Uzman Ziraat Yüksek Mühendisi Kenan SÖNMEZ'e çok teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımını ve desteğini gördüğüm Arş. Gör. Ali BAYKUL'a çok teşekkür ederim. Ayrıca tezin deneme aşamasında yardımlarını aldığım Ziraat Mühendisi Gizem AVAR'a teşekkür ederim. Tüm hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmam boyunca da desteğini benden esirgemeyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	v
SUMMARY .....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
SİMGELER DİZİNİ.....	xiv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ .....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	14
3.1. Materyal .....	14
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Denemenin Kuruluşu .....	14
3.2.2 Su Fazlalığı Uygulaması .....	15
3.2.3. İncelenen Parametreler.....	16
3.2.3.1. Yaprak ve kök kuru ağırlığı .....	18
3.2.3.2. Yaprak alanı .....	18
3.2.3.3. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK).....	18
3.2.3.4. Toplam klorofil .....	19
3.2.3.5. Toplam şeker .....	19
3.2.3.6. Lipid peroksidasyonu (MDA).....	20
3.2.3.7. Hücre membran zararı.....	21
3.3. Verilerin Değerlendirilmesi .....	21
4. SONUÇLAR .....	22
4.1. Yaprak ve Kök Kuru Ağırlığı .....	22
4.2. Yaprak Alanı .....	27
4.3. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK) ve Turgor Kaybı (TK).....	30
4.4. Toplam Klorofil .....	34
4.5. Toplam Şeker .....	37



4.6. Lipid Peroksidasyonu (MDA).....	41
4.7. Hücre Membran Zararlanma Oranı.....	47
5. TARTIŞMA .....	51
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	55
EKLER.....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1.	Taze fasulye genotiplerinin tohumlarının görünümü.....	15
Şekil 3.2.2.	Tohum ekiminden 2 hafta sonra kök bölgesinde fazla su uygulanan ve kontrol bitkilerin görünüşü.....	16
Şekil 3.2.3.	Taze fasulye genotiplerinin kök bölgesinde oluşturulan 3 gün süreli su fazlalığı uygulaması sonucu görünümleri. ....	17
Şekil 4.1.1.	Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak kuru ağırlığı. Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir.....	23
Şekil 4.1.2.	Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin kök kuru ağırlığı. Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir. ....	26
Şekil 4.2.1.	Su fazlalığına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak alanı. Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir. ....	29
Şekil 4.3.1.	Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki yaprak oransal su kapsamı (YOSK). Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir.....	32
Şekil 4.3.2.	Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki turgor kaybı (TK). Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir..	34
Şekil 4.4.1.	Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinde toplam klorofil (mg/g TA) miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir.	36
Şekil 4.5.1.	Su fazlalığına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki toplam şeker miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir. ....	39
Şekil 4.5.2.	Su fazlalığına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki toplam şeker miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir. ....	41
Şekil 4.6.1.	Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki MDA miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir. ....	43
Şekil 4.6.2.	Su fazlalığına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki MDA miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin $\pm$ SS'lerini göstermektedir.....	46

- Şekil 4.7.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki zararlanma oranları. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir. ....48
- Şekil 4.7.2. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki hücre membran zararlanması. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir..... 50

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan taze fasulye genotiplerinin orjinleri. ....	14
Çizelge 4.1.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak kuru ağırlığı. ....	22
Çizelge 4.1.2. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen yaprak kuru ağırlığı değerlerindeki değişim oranları. ....	24
Çizelge 4.1.3. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin kök kuru ağırlığı. ....	25
Çizelge 4.1.4. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen kök kuru ağırlığı değerlerindeki değişim oranları. ....	27
Çizelge 4.2.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak alanı. ....	28
Çizelge 4.2.2. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen yaprak alan değerlerindeki değişim oranları. ....	30
Çizelge 4.3.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki yaprak oransal su kapsamı (YOSK). ....	31
Çizelge 4.3.2. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki turgor kaybı (TK). ....	33
Çizelge 4.4.1 Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinde toplam klorofil miktarı. ....	35
Çizelge 4.4.2. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen toplam klorofil miktarlarındaki değişim oranları. ....	37
Çizelge 4.5.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki toplam şeker miktarı. ....	38
Çizelge 4.5.2. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki toplam şeker miktarı. ....	40

Çizelge 4.6.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki MDA miktarı.....	42
Çizelge 4.6.2. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen köklerindeki MDA miktarlarındaki değişim oranları.....	44
Çizelge 4.6.3. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki MDA miktarı.....	45
Çizelge 4.6.4. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen yapraklarındaki MDA miktarlarındaki değişim oranları.....	47
Çizelge 4.7.1 Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki hücre membran zararlanması.....	48
Çizelge 4.7.2 Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki hücre membran zararlanması.....	49

**SİMGELER DİZİNİ**

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
°C	Santigrat derece
µL	Mikrolitre
<i>µmol</i>	Mikromol
mL	Mililitre
cm	Santimetre
G	Gram
M	Metre
Mg	Miligram
Nm	Nanometre
O <sub>2</sub>	Oksijen
S	Saniye

**KISALTMALAR DİZİNİ**

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
ACC	1 amino cyclopropane-1-carboxylic acid
ADH	Alcohol Dehydrogenase
ADP	Adenozin Difosfat
ATP	Adenozin Trifosfat
dH <sub>2</sub> O	Saf Su
DMF	Dimethylformamide (Dimetilformamid)
EC	Elektriksel İletkenlik
ISPA	Uluslararası Bitki Anaerobisis Derneği
MDA	Malondialdehyde (Malondialdehit)
PVPP	PolyVinylPolyPyrrolidone
RuBPCO	Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase
SS	Standart Sapma
TBA	Thiobarbuturic acid (Tiyobarbuturik asit)
TCA	Trichloroacetic acid (Trikloroasetik asit)

## 1. GİRİŞ

Su fazlalığı; toprağın kışın buzla kaplanması, ilkbahar yağışları, aşırı yağışlar ve yapılan sulama hatalarından dolayı meydana gelmektedir (Taiz and Zeiger, 2006). Su fazlalığı (taşkın, sel, su basması) dünyanın birçok bölgesinde bitki yaşamının devamı açısından önemli bir sorundur. Dünyada sulanabilir alanların üçte birinden fazlası nadiren veya daha sık su basmasından etkilenmektedir (Samad, et al., 2001). Bitki örtüsünün kaldırılması (taşınması), su kanalları ve nehirlerin yataklarından ayrılması doğal ve tarımsal türler üzerine su basmasının etkilerini arttırmaktadır (Taiz and Zeiger, 2006). Sulanan bölgelerde ise, uygun drenaj sistemlerinin eksikliği önemli sorun teşkil etmektedir (Samad, et al., 2001).

Su fazlalığı; tuzluluk ve ekstrem sıcaklıklar gibi türlerin dünya üzerinde dağılımını sınırlayan faktörlerin yanında yer almaktadır (Visser, et al.,2003). Tarıma elverişli arazilerdeki bitki yetiştiriciliğinin başarısı sellerin sıklığı ve fazlalığı ile belirlenmektedir (Visser, et al., 2003). Uluslararası Bitki Anaerobisis Derneği (ISPA) bitkinin havalanmasını engelleyen bu strese bitkinin cevabını belirleyen çalışmaların yapılmasının teşvik edilmesi ve koordine edilmesi konusunda 1975 yılında Leningrad'da yapılan XII. Uluslararası Botanik Kongresi'nde karar almıştır. Bu tarihten itibaren de ISPA tarafından konu ile ilgili önemli bilimsel konferanslar, toplantılar ve çalıştaylar düzenlenmiştir.

Su fazlalığının önemli etkilerinden bazıları su ve besin maddesi alımında azalma ve metabolizmada yavaşlamadır. Uzun süreli su fazlalığı ise anoksia koşullarına yol açar (Dat, et al., 2004). Su fazlalığı koşullarında oksijeni kullanamayan bitkinin dengesi bozulur (Yiu, et al., 2008), bu nedenle su fazlalığı stresi taze sebze üretiminde çok büyük risk taşır (Rao, et al., 2002). Toprakta aşırı su fazlalığı öncelikle bitkiler üzerinde ağır bir baskı oluşturmaktadır. Fazla su; bitkilerin fotosentez yapmaları için ihtiyacı olan oksijen ve karbondioksitten yoksun bırakmaktadır (Jackson, et al., 2009). Araştırmacılar; toprak koşullarındaki su fazlalığının, bitkilerin solunum metabolizmasında



ve protein sentezinde hızlı bir şekilde değişime neden olduğunu ifade etmektedir (Kato-Noguchi and Saito, 2000).

Drenajı ve yapısı iyi olan topraklarda içi gaz dolu porlar gaz halindeki oksijenin kolayca birkaç metre derinliğe girmesine izin verirler (Taiz and Zeiger, 2006). Toprağın drenajı yetersiz ve yağmur ya da sulama aşırı olduğunda toprağın içi suyla dolar. Bu su, porları doldurarak gaz halindeki O<sub>2</sub>'nin difüzyonunu durdurur. Çözünmüş oksijenin durgun suda difüzyonu çok yavaştır. Sıcaklık düşük ve bitkiler uyku halindeyken, oksijen çok yavaş azalır ve pek fazla zarar oluşmaz (Taiz and Zeiger, 2006).

Fazla su birkaç saat içinde oksijensiz toprak koşullarına neden olur. Bu nedenle su fazlalığı stresinin en önemli etkisi bitki köklerindeki kullanılabilir oksijeni sınırlamasıdır (Ortuno, et al., 2007). Ancak su stresine karşı bitkinin verdiği tepkinin, bitki materyalinin fonksiyonu ve bitki yaşına göre değişiklik gösterdiği de bilinmektedir (Ortuno, et al., 2007).

Fasulyenin anavatanı olan Amerika kıtasından yayıldığı ve Amerika'da çok eskiden beri insanlar tarafından tüketildiği bilinmektedir (Vural vd., 2000). Debouck Amerikan cinsi fasulyenin, yaklaşık 40 türünün tropik ve subtropik yerlerde dağıldığını bildirmektedir (Bayuelo – Jimenez, et al., 2002). Bugün bütün dünyada büyük ölçüde üretilen *P. vulgaris* ile *P. coccienus* türleridir ve subtropik kuşakta yayılmışlardır. Ülkemizde yetiştirilen fasulyelerin hemen tamamı *P. vulgaris* türü içinde yer alır (Vural vd., 2000). Taze fasulye, dünya üzerinde geniş alanlarda tarımı yapılan bir türdür. 2008 yılı verilerine göre dünya toplam taze fasulye üretimi 6.818.948 ton olup bu miktar içinde Türkiye 563.056 tonluk üretim ile 3. sıradadır (Anonymous, 2010). Ülkemizin bütün bölgelerinde kolayca yetiştirilebilmesi üretiminin yayılmasını kolaylaştırmıştır (Vural vd., 2000). Fasulye insan beslenmesinde çok önemli yeri olan bir sebzedir. Araştırmacılar, fasulyenin (*P. vulgaris* L.) gelişmekte olan ülkelerin önemli protein kaynağı olduğunu ifade etmişlerdir. Özellikle protein ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rol oynar (Duranti and Gius, 1997; Beltagi, et al., 2006).

Stres koşullarına toleransta tür, çeşit ve genotipler bazında yapılan araştırmalar sayesinde ümit vadeden sonuçlara ulaşılması, gelecekte elde edilecek ürün verimliliği ve yetiştirilecek kültür çeşitleri açısından önemlidir. Bu çalışmanın amacı, taze fasulye bitkisinde fide döneminde kök bölgesinde oluşan su fazlalığına toleransın belirlenmesi olmuştur. Yetiştiricilikte karşılaşılabilecek su fazlalığı stresi sorununa karşı, bu sorunları aşabilecek çalışmaların planlanabilmesi için ülkemizde bulunan genotiplerin kök bölgesinde oluşan su fazlalığına toleranslarının belirlenmesi esastan hareketle, denemede üzerinde çalışılan 5 taze fasulye genotipinin su fazlalığı stresi altında meydana gelen zararlanmaları belirlenerek genotipler arasındaki farklılıkların morfolojik ve fizyolojik parametreler yardımıyla ortaya konulması amaçlanmıştır. Böylece taze fasulye bitkisinin su fazlalığı stresi koşullarında geliştirdiği mekanizmanın anlaşılması sağlanarak üretimi kısıtlayan su fazlalığı sorununu giderecek ıslah materyallerinin sağlanması hedeflenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Su fazlalığı; sağanak yağış veya sulama suyunun toprakta sızma olmaksızın uzun süre birikmesi durumunda oluşmaktadır. Toprak içindeki gözenek boşluklarındaki hava, durgun suyla yer değiştirdiğinde ve toprak tam bütünüyle doyduğu zaman su fazlalığı oluşmaktadır. Bu durum bitkinin yaşamı için temel ihtiyacı olan hücrelerdeki verimsiz oksijen kaynaklarına neden olmaktadır (Samad, et al., 2001). Oksijen eksikliği veya anoksia bitkilerin yaşamları boyunca karşı karşıya kaldıkları yaygın bir çevresel sorundur (Blokhina, et al., 2003).

Toprakta oluşan aşırı su önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir (Else, et al., 2009). Aşırı su; bitkiyi ihtiyacı olan oksijenden ve karbondioksitten yoksun bırakmaktadır (Jackson, et al., 2009). Bu bitki türlerinden taze fasulye; toprağın aşırı suyla dolması durumunda çevredeki kullanılabilir oksijenin oksijensiz dokulara girişini sağlayamaz (Rao, et al., 2002). Pociğcha, et al. (2008), baklada yaptıkları çalışmalarında toprak içinde oksijen eksikliğinin oluşması nedeniyle, gelişen kökler ve yaşayan diğer organizmaların aerobik solunumu sınırladığını belirtmişlerdir.

Bitki, kök ortamındaki oksijensiz koşullara karşı koyamadığı için strese girmektedir (Taiz and Zeiger, 2006). Ancak aerobik toprak koşulları yeniden oluştuğu zaman, bitki büyümesi kaldığı yerden yavaşça devam etmektedir. Mısır bitkisinde yapılan bir araştırmada; su fazlalığı koşullarında; aşırı su fazlalığından oksijen konsantrasyonunun giderek azaldığı tespit edilmiştir (Subbaiah and Sachs, 2003). Yapılan çalışmalarda bitkilerin serbest suya gereksinim duymalarına rağmen, kök çevresinde suyun aşırı bulunması durumunda zararlı hatta ölümcül sonuçlar doğurabileceğine dikkat çekilmiştir (Horchani, et al., 2009). Su fazlalığında toprak ve atmosfer arasındaki oksijen ve diğer gazların geçişi engellenmektedir. Domateste yapılan bir çalışmada; bu durumda solunumun azaldığı, ATP üretiminin ve ATP/ADP oranının düştüğüne dikkat çekilmiştir (Horchani, et al., 2009).

Orta derecede su fazlalığı altında bitkide; genellikle bodurlaşma, alt yapraklarda yaşlanma, sürgünlerde kısalma ve çiçeklerin verimsiz hale gelmesi gibi etkiler meydana gelmektedir (Samad, et al., 2001).

Bitkiler fazla suya ve anaerobik koşullara maruz kaldıklarında kök ve sürgün sistemleri farklı tepkiler verir. Kök sisteminde morfolojik ve anatomik değişiklikler ortaya çıkar. Kök solunum oranının su fazlalığı koşullarında hem toleranslı hem de hassas türlerde azaldığı belirlenmiştir (Liao and Lin, 2001). Mangrov (Hindistan Sakız ağacı) fidelerinde 0, 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 saatlik su fazlalığı koşullarında, maruz kalınan süre uzadıkça, yaprak kalınlığı, mezofil kalınlığı, palisad parankima kalınlığı, palisad-sünger oranı ve hipodermis kalınlığının azaldığı, fakat mezofil yaprak kalınlığı oranı, gövde ve öz çapı ve korteks kalınlığının arttığı belirlenmiştir (Xiao, et al., 2009). Diğer taraftan su fazlalığına toleransta bitkilerin en karakteristik davranışlarının adventif kök gelişimleri olduğuna dikkat çekilmiştir. Bu bağlamda; mısır bitkisinde yapılan bir çalışmada su fazlalığı koşullarına toleransta adventif kök gelişiminin mısır bitkisinin en önemli davranışı olduğu belirtilmiştir (Yoshiro et al., 2005). Hıyar bitkisinde yapılan bir araştırmada da; su fazlalığı koşullarında oluşan elverişsiz toprak koşullarında, oksijen yetersizliğinden kaçınmak için adventif kök oluşumunun arttığı tespit edilmiştir (Walter et al., 2004).

Ashraf and Rehman (1999) tarafından yapılan bir çalışmada tohum ekiminden 42 gün sonra mısır fideleri 21 gün boyunca su fazlalığı stresine maruz bırakılmıştır. Sürgün ve kök yaş ağırlığı ve yaprak alanı ölçüldüğünde su fazlalığı uygulamalarının büyüme üzerine önemli derecede engelleyici etkisi görülmüştür. Susam bitkisinde yapılan bir başka çalışmada ise, su fazlalığı koşullarının büyümede gerilemeye, kuru madde miktarında, bitki başına yaprak sayısında ve tohum veriminde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Uzun süreli su fazlalığı koşulları, olgunlaşma zamanını kısaltmış, klorozu teşvik etmiş ve çiçek dökümüne sebep olmuştur (Mensah, et al., 2006).

Literatürde su fazlalığı uygulamaları sonucunda bütün bitki türlerinde yaş ağırlığın önemli derecede azaldığı belirtilmektedir. Yetişir, et al., (2006); karpuzda uyguladıkları su fazlalığı stresi sonucunda yaş ağırlığın önemli derecede azaldığını

tespit etmişlerdir. Bunun yanında bitkinin kuru ağırlığında da su fazlalığı koşullarında önemli derecede azalma gözlenmiştir. Else, et al. (2009) domateste yaptıkları çalışmada, Pociğcha, et al. (2008); baklada yaptıkları araştırmada yaş ağırlığın su fazlalığı uygulamaları ile azaldığını belirtmişlerdir.

Taze fasulyede yapılan su fazlalığı uygulamaları sonucunda yaprak sayısında azalma gözlenmiştir (Singer, et al., 1996). Karpuzda yapılan araştırma sonucu su stresi altında bitkinin yaprak sayısının azaldığı bilinmektedir (Yetişir, et al., 2006). Mısır bitkisinde , soya fasulyesi ve baklada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Rao, et al., 2002, Nakayama and Komatsu, 2008, Pociğcha, et al., 2008). Literatürde su fazlalığı uygulamaları sonucunda bitkinin yaprak alanında da azalma gözlemlendiği belirtilmektedir. Buğdayda yapılan bir çalışmada, 25 gün kökün oksijensiz ortamda durması sonucunda, yaprak alanının % 83 oranında azalma gösterdiği tespit edilmiştir (Samad, et al., 2001). Else, vd. (2009); domateste yaptıkları çalışmada su fazlalığı sonucunda yaprak alanının azaldığını tespit etmişlerdir. Karpuz, soya fasulyesi, mısır ve baklada yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Yetişir, et al., 2006, Nakayama and Komatsu, 2008, Rao et al., 2002, Pociğcha et al., 2008). Taze fasulyede aşırı su uygulamaları sonucu Giza 3 ve Bronco çeşitlerinde yaprak alanının azaldığı belirlenmiştir (Singer et al., 1996).

Su fazlalığı; büyümeyi engellemesi yanında özellikle yapraklarda klorozların meydana gelmesine sebep olarak bitkileri zararlandırmaktadır. Zira, karpuzda yapılan çalışmada fazla suyun yapraklarda kloroza neden olduğu tespit edilmiştir (Yetişir, et al., 2006). Literatürde su fazlalığı uygulamaları sonucu yaprak renginin de değiştiği bilinmektedir. Karpuzda yapılan çalışmada su fazlalığı uygulamaları sonucu yapraklarda renk değişiminin gözlemlendiği tespit edilmiştir (Yetişir, et al., 2006).

Literatürde su fazlalığının tohum çimlenmesi üzerine de etki ettiği belirtilmektedir. Topraktaki su fazlalığının tohum çimlenmesini yavaşlattığı ve fide oluşumunu geciktirdiği bilinmektedir (Abdelbagi, et al., 2009). Soya fasulyesinde yapılan çalışmalarda su fazlalığı koşulları altında tohumların çimlenme esnasında zarar gördükleri belirlenmiştir. Çimlenme esnasında oluşan bu zararın nedeni; su fazlalığı

koşullarında tohumların hızlı su alımlarının sonucu olarak tohum dokusunun fiziksel bozulması ile sonuçlanan emme zararı (Woodstock and Taylorson, 1981) ve topraktaki tohumların sudan yararlanamaması şeklinde açıklanmaktadır (Nakayama and Komatsu, 2008). Bu anlamda fazla suyun; soya fasulyesinin üretiminde önemli sıkıntılar yarattığı tespit edilmiştir (Nakayama and Komatsu, 2008).

Yapılan araştırmalarda topraktaki aşırı suyun generatif gelişmeyi kısıtlayıcı etkileri de vurgulanmaktadır. Odunsu bitkilerde yapılan bir çalışmada topraktaki aşırı su koşullarında generatif gelişmenin yavaşladığı gözlemlenmiştir (Kozlowski, 1997).

Toprakta aşırı suyun varlığı sonucunda bitkilerde; çiçek tomurcuklarının oluşumunun, meyve tutumunun ve meyve gelişiminin, verimin sınırlandığı belirtilmektedir. Domateste yapılan bir çalışmada çiçeklenme, özellikle meyve oluşumu ve gelişiminin aşırı su koşullarında zarar gördüğü tespit edilmiştir (Horchani, et al., 2009). Ayrıca araştırmalarda odunsu bitkilerde zaman zaman sap kalınlığında artış gözlenebildiği tespit edilmiştir. Çünkü aşırı su altında odun dokusu hücrelerinin fazla artmasıyla kabuk dokusu büyümektedir. Bu anlamda aşırı su altında kök büyümesi genellikle gövde büyümesinden daha fazla etkilenir (Kozlowski, 1997).

Bitkilerin gelişme dönemlerine göre su fazlalığının etkileri de farklı olmaktadır. *Lotus tenuis* 'te 15 gün süre ile uygulanan su fazlalığı koşulları erken yaz döneminde erken ilkbahar dönemine oranla daha zararlı olmuştur (Striker, et al., 2007). Erken yaz döneminde büyümede önemli derecede azalma görülürken, erken ilkbahar döneminde bitki kuru madde üretiminde herhangi bir değişiklik olmadan bitkiler fizyolojik olaylara devam edebilmiştir.

Diğer taraftan çevre koşulları da su fazlalığı durumunda bitkide meydana gelebilecek değişimleri etkilemektedir. Su fazlalığının olumsuz etkileri, yüksek sıcaklıklarda daha şiddetli görülmektedir. Aerobik toprak koşulları yeniden oluştuğu zaman, bitki büyümesi kaldığı yerden yavaşça devam etmektedir (Samad, et al., 2001).

Su basması, fizyolojik düzeyde bitki su ilişkilerini büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Su basmasına hassas türlerde yaprak dehidrasyonu olsun olmasın stomalarda kapanma ve transpirasyonda azalma birkaç saat içinde ortaya çıkar (Bradford and Hsiao, 1982; Else, et al., 1996). Buna karşın toleranslı türlerde bu parametreler haftalarca değişmemektedir (Insausti, et al., 2001).

Güvercin bezelyesinde kısa süreli su fazlalığı uygulamalarının, stoma dayanımını arttırdığı, transpirasyon oranı ve net fotosentezi azalttığı belirlenmiştir. 2 gün devam eden su fazlalığı koşulları solma, kloroz, yaşlanma ve alt yapraklarda dökülmeye neden olmuştur. Yaprak alanı ve kuru maddedeki azalmalar çeşitlere göre farklılıklar göstermiştir (Takele and McDavid, 1995).

Ayrıca su fazlalığı uygulaması yaprak su potansiyelini ve yaprak turgor potansiyelini azaltmış, ozmotik potansiyeli ise arttırmıştır. Klorofil a ve b miktarı, fotosentez, stoma iletkenliği ve transpirasyonun da azaldığı belirlenmiştir (Ashraf and Rehman 1999). Birçok çalışmanın ışığında farklı odunsu ve otsu türlerde su fazlalığı koşullarında düşük yaprak su potansiyelinde turgoru devam ettirebilmek için stoma kapanması teşvik edilmektedir (Salisbury and Ross, 1992). Baklada yapılan bir çalışmada su fazlalığı koşullarının; büyümede güçlü bir azalma ile birlikte, yaprak alanı ve kuru madde miktarında düşmeye neden olduğu tespit edilmiştir (Pociecha, et al., 2008). Karpuzda yapılan başka bir çalışmada su fazlalığı uygulamaları ile, aşılı karpuzda veya aşılı olmayan karpuzda büyüme ve gelişmenin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir (Yetişir, et al., 2006). Soğanda yapılan bir çalışmada ise; su fazlalığı koşullarının soğanın büyüme ve gelişmesini kısıtlayıcı etkisinin olduğu ortaya konulmuştur (Yiu, et al., 2008).

Bradford (1983) domates bitkisinde yaptığı çalışmada su fazlalığına bitkinin başlangıçta verdiği cevabı tespit etmek amacı ile 24 saat süre ile kısa süreli su fazlalığı koşulunun stoma hareketlerini ve fotosentez kapasitesini etkilediğini, transpirasyon miktarını azalttığını tespit etmiştir.

Carrizo citrange ve Cleopatra mandarin anaçlarında 9 gün süreli su fazlalığı uygulaması ile, anaçların yaprak oransal su kapsamı değerleri değişmezken, yaprak ozmotik potansiyeli Cleopatra anacında daha yüksek bulunmuştur. Yapraklardaki net CO<sub>2</sub> asimilasyon oranı ise Carrizo anacında daha fazla azalmıştır. Yaprak-su kullanma etkinliğinin Carrizo anacında daha az olduğu belirlenmiştir (Garcia-Sanchez, et al., 2007).

Domateste yapılan bir çalışmada su fazlalığı uygulamaları sonucu yaprak su potansiyelinin düşmesi ile stomaların kapandığı, buna bağlı olarak da fotosentezin önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir (Else, et al., 2009). Baklada yapılan çalışmada su fazlalığı koşullarında yaprak su potansiyelinin düşmesi ve beraberinde stomaların kapanması buna bağlı olarak da yaprak alanı ve kuru madde miktarının eksildiği gözlenmiştir (Pociecha, et al., 2008). Karpuzda yapılan bir araştırmada ise; su fazlalığı uygulamaları ile bitkinin stoma hareketlerinin azaldığı ve buna bağlı olarak da fotosentez oranının eksildiği belirtilmiştir (Yetişir, et al., 2006).

Bununla birlikte; yüksek fotosentetik oranların su fazlalığı stresi durumlarında bitkinin tolerans faktörlerinden olduğuna dikkat çekilmiştir (Nabben et al., 1999). Samad, vd. (2001) Cao, vd. (1995)' nin su fazlalığına toleransın son derece kalıtsal bir özellik olduğunu ileri sürdüklerini bildirmişlerdir. Zira mısır bitkisinde yapılan bir çalışmada; amaç aneorobik stres koşullarına karşı daha toleranslı ve farklı olan genlerin belirlenmesi olmuştur (Subbaiah and Sachs, 2003).

Yapılan araştırmalarda; su fazlalığının etki ettiği durumlar içerisinde üzerinde en fazla durulan fotosentezdir. Soğanda yapılan su fazlalığı uygulamaları sonucunda fotosentez miktarında azalma gözlenmiştir (Yiu, et al., 2008). Baklada yapılan bir çalışmada; aşırı su koşullarında bitkinin fotosentez oranında güçlü bir azalma gözlenmiştir ki bunun kesinlikle stomaların hareketinin azalmasından kaynaklandığı belirlenmiştir (Pociecha, et al., 2008). Su fazlalığı koşullarında; fotosentez aktivitesinde azalma, biyokimyasal reaksiyonların bozulmasına neden olabildiği gibi, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (RuBPCO) aktivitesini de azaltabilmektedir (Pociecha, et al., 2008).



Börülce ve mısır bitkisinde, su fazlalığı sonunda karotenoid miktarının düştüğü tespit edilmiştir. Klorofil miktarı ve fotosentetik aktivitenin önemli derecede azaldığı belirlenmiştir Ayrıca RuBPCO aktivitesi her iki bitki türünde de önemli derecede azalmıştır (Alla, et al., 2001). Bununla beraber zarar gören fotosentez miktarı da özellikle genç fidelerde Fv/Fw (maximum quantum yield of PS2 photochemistry) oranının düşmesine neden olabilmektedir. Vejetatif bitkilerde su fazlalığı koşulları ortadan kalktıktan sonra, hızlı bir şekilde Fv/Fw oranı kontrol seviyesine gelmektedir (Pociecha, et al., 2008). Bazı araştırmacılar; zararlanma derecesinin büyük ölçüde bitkinin yaşı ile ilgili olduğunu savunmaktadır (Pociecha, et al., 2008). Fotosentez ürünlerinin işlevini belirlemek için kullanılan klorofil floresanının topraktaki su fazlalığından zarar görebileceği belirtilmiştir. Diğer taraftan aşırı su fazlalığında, suyun ve minerallerin taşınmasının sınırlı olmasının yaprak epinastisine neden olduğu ve bu durumun fotosentez aktivitesinde azalmaya neden olduğu bildirilmektedir (Bradford and Hsiao, 1982; Pezeshki, 2001).

Araştırmacılar su fazlalığı koşullarında yetiştirilen bitkilerde; en önemli değişimlerden birisinin de toplam klorofil miktarında eksilme olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalar; su fazlalığı stresinde özellikle vejetatif dönemde yapraklarda klorofil a ve klorofil b miktarının azaldığını göstermektedir (Pociecha, et al., 2008). Baklada yapılan çalışmada; su fazlalığı koşullarında özellikle vejetatif dönemde baklanın yapraklarında klorofil a ve klorofil b miktarında düşüş gözlenmiştir ki bu azalmanın su fazlalığı koşulları sona erdikten sonra da devam ettiği belirlenmiştir (Pociecha, et al., 2008). Soğanda yapılan çalışmada; su fazlalığı sonucunda toplam klorofil miktarında azalma gözlenmiştir (Yiu, et al., 2008). Su fazlalığına maruz kalan mısırın yapraklarındaki toplam klorofil miktarının azaldığı belirlenmiştir (Rao, et al., 2002). Domateste yapılan bir çalışmada; su fazlalığı koşulları altında yetişen bitkilerde de toplam klorofil miktarında azalma gözlemlendiği belirtilmiştir (Else, et al., 2009). Taze fasulyede yapılan bir çalışmada su fazlalığı uygulamaları sonucunda toplam klorofil miktarında azalma gözlenmiştir (Singer, et al., 1996). Yapılan çalışmada; Bronco çeşidinde aşırı su seviyesinde klorofil miktarında hızlı bir azalma gözlenmiştir.

Buna karşılık Giza3 çeşidinde aşırı su seviyesinde bile çok fazla tolerans gösterdiği gözlemlenmiştir (Singer, et al., 1996).

Bitkinin anaerobik koşullarda verdiği ilk cevap biyokimyasal geçiş yollarını kapsamaktadır. Kök hücreleri tarafından gerçekleştirilen solunum eksikliği bitkinin verdiği cevaba örnek olarak verilebilir (Samad, et al., 2001).

Bazı bitki türleri stres koşullarına, geniş karakteristik özelliklerinden dolayı dayanabilmektedir. Bu durum; su stresine maruz bırakılan bitkilerde; çeşitler arası farklılıktan kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte; kökte yüksek miktarda nişasta birikiminin, bitkinin strese karşı geliştirdiği tolerans faktörlerinden biri olduğu bilinmektedir. Ayçiçeğinde yapılan bir çalışmada; su fazlalığı koşullarında bitkinin yapraklarında nişasta birikiminin azalan floem taşınımının bir yansıması olduğu belirlenmiştir (Wample and Davis, 1983). Araştırmacılar, anoksi koşullarda biyokimyasal toleransın, sürgün uzamasındaki azalmanın bitkinin su fazlalığı stresine karşı geliştirdiği tolerans faktörleri olduğuna da işaret etmişlerdir (Schluter and Crowford 2001). Karpuzda yapılan bir çalışmada; su stresine maruz kaldıklarında bitkinin; oksijeni difüzyonla veya akıcı kitle ile tekrar kullanılabilir hale getirebildikleri belirlenmiştir (Yetişir, et al., 2006). Bu da yer altı organlarının aneorobik ortamlarda gelişmesinin engellenmediğine işaret etmektedir.

Literatürde; su basması sonucunda; bitkilerin kök ve yapraklarında glikoz ve sakarozun önemli derecede arttığı belirtilmektedir. Bunun yanında polisakkarit miktarında ise önemli derecede azalma gözlemlendiği bildirilmektedir (Alla, et al.,2001). Carrizo citrange ve Cleopatra mandarin anaçlarında 9 gün süreli su fazlalığı uygulamasının, yapraklarda prolin miktarını değiştirmezken, köklerde arttırdığı, Cleopatra anacında ise yaprak şeker miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir. Cleopatra anacı su fazlalığı stresine daha toleranslı bulunmuştur (Garcia-Sanchez, et. al., 2007).

Yapılan çalışmada; toprakta aşırı su fazlalığından sonra oksijen miktarının azaldığı; bununla birlikte köklerde ACC'nin (1 amino cyclopropane-1-carboxylic acid) biriktiği belirtilmiştir (Morgan and Drew, 1997). Aşırı su fazlalığında sınırlı oksijen

bulunmasıyla ACC oksidaz enzimi tarafından ACC oksidasyonu önlenerek etilen formu oluşacaktır. Eğer ACC enzimi bitkinin diğer bölümlerine yayılabilirse, ACC sürgün boyunca taşınabilecek, yaprak epinastisi, gövdede irileşme ve adventif kök oluşumu gerçekleşebileceği belirtilmiştir (Abir, et al., 2005).

Su fazlalığı stresinin bir diğer etkisi; bitkide üretilen belli hormonları uyarmaktır. Anaerobik koşullarda; büyük yoğunluktaki bu hormonlar köklerden bırakılmaktadır, yaprak ve köklerde etki edebilmektedir. Etilen; su fazlalığı olan topraklardaki mikroorganizmalar ve köklerden üretilmektedir. Etilenin hormonal etkisi aşırı su fazlalığı altında serbest bırakılmasıdır. Su hareketi ile kaçan etilen köklerde ve diğer su altındaki dokularda üretilmektedir (Taiz and Zeiger, 2006). Literatürde, etilenin yaprak yaşlanmasının başlamasına neden olduğu belirtilmektedir (Kozwowski, 1997). Ayrıca Kozwowski (1997) Kozwowski ve Pallardy'nin, (1984); etilenin su fazlalığına maruz bırakılmış bitkiler tarafından, mikrobiyal metabolizma ile üretildiğini tespit ettiklerini bildirmektedir. Bunun yanı sıra, mung fasulyesinde yapılan bir çalışmada su fazlalığı uygulamaları sonucunda ADH (Alcohol dehydrogenase) enzim aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir (Sairam et al., 2008).

Su fazlalığı stresinin köklerde absisik asit (ABA) üretimini ve yapraklara ABA taşınımını uyardığı belirtilmektedir (Taiz and Zeiger, 2006). Jackson and Hall, (1987); bezelyede yaptıkları çalışmada; aşırı sudan dolayı bitkinin köklerinden dışarı herhangi bir işaret gidememesi nedeniyle yapraklarda ABA artışının olduğunu belirtmişlerdir.

Diğer taraftan su fazlalığı stresinin diğer abiyotik stresler gibi süperoksit, single oksijen, hidrojen peroksit ve hidroksi radikaller gibi aktif oksijen türlerinde artışa neden olarak oksidatif strese neden olduğu bildirilmektedir (Subbaiah and Sachs, 2003; Liao and Lin, 2003). Stres altındaki bitkilerde artan düzeylerde sentezlenen aktif oksijen türleri (Dat, et al., 2000) protein, membran lipitleri ve nükleik asitler gibi hücre komponentlerini de tahribata uğratmaktadır (Dionisio-Sese and Tobita, 1998). Tang et al., (2010), su fazlalığına farklı duyarlılık gösteren iki mısır genotipinde yaptıkları çalışmada, su fazlalığına hassas mısır genotipinin kök ve yapraklarında su fazlalığı stresinin lipit peroksidasyonu artışına neden olduğunu saptamışlardır.

Yapılan araştırmalarda; su baskını olan topraklarda birçok toksik maddenin biriktiğine dikkat çekilmiştir. Sülfür, Karbondioksit, Demir ve Mangann su fazlalığı olan topraklarda oluştuğu belirtilmektedir. Bunun yanında araştırıcılar; su baskını esnasında Etanol, Asetaldehit ve Siyonojenik maddelerin kökler tarafından meydana geldiğine değinmişlerdir ( Kozlowski, 1997).

Suya doymuş topraklarda anaerobik mikroorganizmalar aktiftirler. Toprakta moleküler oksijenin tamamı tükendiğinde toprak mikroorganizmalarının işlevi bitki yaşamı ve büyümesi için önemli hale gelmektedir (Taiz and Zeiger, 2006).

Su fazlalığından kaynaklanan bir takım değişimlerden olan toprak kimyasındaki değişim verimin azalmasına neden olmaktadır. Toprak denitrifikasyonu, aneorobik koşullarda gerçekteşmektedir. Su fazlalığı sonucu olarak nitrat miktarı bitkinin üst yapraklarında yoğunlaşabilir ve birikebilir. Sonuç olarak verim de negatif etkilenmektedir (Kozlowski, 1997).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bazı taze fasulye genotiplerinin fide döneminde kök bölgesinde oluşan su fazlalığı stresi koşullarına toleransının incelendiği bu çalışma; 2009 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarında yürütülmüştür.

#### 3.1. Materyal

Denemede Beyaz Fasulye, Boncuk Sırık, Kökez, Oturak ve Sırık olmak üzere 5 farklı taze fasulye genotipi kullanılmıştır. Kullanılan genotiplerin orjinleri Çizelge 3.1’ de, genotiplere ait tohumlar ise Şekil 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan taze fasulye genotiplerinin orjinleri.

GENOTİP	ORJİNİ
Beyaz fasulye	Kırıkkale
Boncuk sırık	Yusufeli Köyü /Artvin
Kökez	Çukurova Bölgesi
Oturak	Muttalip Beldesi / Eskişehir
Sırık	Yusufeli Köyü /Artvin

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Denemenin Kuruluşu

Denemede yetiştirme ortamı olarak; torf, perlit ve vermikulit (2:1:1) kullanılmıştır. Hazırlanan karışım 31.5 x 51.5 cm ebatlarındaki viyollere doldurulmuştur. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde düzenlenmiştir. Her bir viyolde 20 bitki olacak şekilde tohum ekimi yapılmıştır.



Şekil 3.1. Taze fasulye genotiplerinin tohumlarının görünümü.

### 3.2.2 Su Fazlalığı Uygulaması

Tohum ekimi yapılan viyoller laboratuardaki bitki büyütme dolabına yerleştirilmiştir (DAIHAN WGC-1000, South Korea). Deneme süresince bitki büyütme dolabındaki sıcaklık 26/18 °C (gündüz/gece), nem % 70 ve ışık yoğunluğu ise  $450 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  olarak ayarlanmıştır (Khadri et al., 2006).

Tohumların ekiminden 2 hafta sonra bitkiler 3-4 yapraklı olduğu dönemde su fazlalığı uygulaması yapılacak bitkilerin bulunduğu viyoller toprak yüzeyini kaplayacak şekilde ultra saf su ile doldurulmuş ve bitkiler 3 gün süre ile su fazlalığı stresine maruz

bırakılmıştır. Su fazlalığı uygulamalarına başlanma aşamasında bitkilerin görünümü Şekil 3.2.2’ de verilmiştir.



Şekil 3.2.2. Tohum ekiminden 2 hafta sonra kök bölgesinde fazla su uygulanan ve kontrol bitkilerin görünüşü.

### 3.2.3. İncelenen Parametreler

Deneme sonunda sökülen bitkilerde kök bölgesinde oluşan fazla suyun etkileri aşağıda verilen parametreler incelenerek belirlenmiştir. Ayrıca ölçüm ve analiz yapılan bitkilerin deneme sonundaki fotoğrafları ise Şekil 3.2.3’de verilmiştir.

**BEYAZ FASULYE****Kontrol****Su fazlalığı****BONCUK SIRIK****Kontrol****Su fazlalığı****KÖKEZ****Kontrol****Su fazlalığı****OTURAK****Kontrol****Su fazlalığı****SIRIK****Kontrol****Su fazlalığı**

Şekil 3.2.3. Taze fasulye genotiplerinde 3 gün süreli su fazlalığı uygulaması sonucu fidelerde meydana gelen değişimler.



### 3.2.3.1. Yaprak ve kök kuru ağırlığı

Deneme sonunda sökülen bitkilerin yaprakları ve kökleri ayrılarak, kökleri yıkanıp, temizlenmiş ve 70 °C sıcaklıktaki etüvde (Memmert Universal Oven Une 600, Germany) 48 saat kurutulmuştur. Daha sonra yaprak ve köklerin kuru ağırlığı belirlenmiştir. Ölçümler her tekerrürde 3 bitkide yapılmış ve ortalama değerler verilmiştir. Tartımlar 0,001 g'a duyarlı hassas terazide (Precisa XB220A, Switzerland) yapılmıştır.

### 3.2.3.2. Yaprak alanı

Deneme sonunda bitki yaprak alanı Portable Area Meter (LICOR – 3000 C, USA) ile ölçülmüştür.

### 3.2.3.3. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK)

Alınan yaprak örneklerinden 1,5 cm çaplı 5'er disk çıkartılmış; disklerin öncelikle taze ağırlıkları, 4 saat saf suda bekletildikten sonra turgor ağırlıkları ve 70 °C de 24 saat tutulduktan sonra kuru ağırlıkları kaydedilmiş ve elde edilen verilere bağlı olarak YOSK ve TK hesaplanmıştır (Turhan, 2002).

Taze fasulye genotiplerinin YOSK ve TK aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$YOSK = ( Y.A - K.A ) / ( T.A - K.A ) \times 100$$

$$TK = ( T.A - Y.A ) / T.A \times 100$$

YOSK = Yaprak oransal su kapsamı

TK = Turgor kaybı

Y.A = Yaş Ağırlık

K.A = Kuru Ağırlık

T.A = Turgor Ağırlığı

### 3.2.3.4. Toplam klorofil

Toplam klorofil analizi için kontrol ve su fazlalığı uygulanan bitkilerden alınan yapraklardan 1,5 cm çaplı 3 adet disk hassas terazide tartıldıktan sonra cam şişelere konulmuştur. Her örnek üzerine 5 mL DMF (Dimetil Formamid) eklenmiştir. Bu örnekler + 4 °C de buzdolabında 72 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Okuma yapılmadan önce örneklerin karanlık bir ortamda oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir ve daha sonra spektrofotometrede (Perkin Elmer Lambda 25, USA) 652 nm dalga boyunda absorbans okunmuştur (Moran and Porath, 1980). Bu şekilde belirlenen 5 fasulye genotipinin klorofil miktarı aşağıdaki formülle belirlenmiştir.

$$\text{Toplam Klorofil(mg / g T.A)} = \text{O.D}_{652 \text{ nm}} \times 29 \times \text{seyreltme faktörü / mg T.A}$$

mg / g T.A = 1 gram taze ağırlıktaki mg cinsinden klorofil miktarı

O. D  $_{652 \text{ nm}}$  = 652 nm' deki okuma değeri

T.A=Taze Ağırlık

### 3.2.3.5. Toplam şeker

Toplam şeker analizinde anthron metodundan yararlanılmıştır (Yemm and Willis, 1954). ~ 100 mg yaprak ve kök örnekleri 5 mL'lik % 80'lik etil alkol ilave edildikten sonra 85 °C sıcaklıktaki su banyosunda 1 saat inkübasyona bırakılmıştır ve daha sonra dokulardan ayrılan süspansiyon çıkarılmıştır. Bu işlem, 1 saat, 30 dakika, 15 dakika ve 15 dakika olmak üzere 4 kez tekrarlanmıştır. Etil alkol solüsyonu kültür tüplerinde toplandıktan sonra devamlı vantilasyon sağlanmak suretiyle 55 °C sıcaklıktaki su banyosunda etil alkol uçurulmuştur. Kültür tüplerinde kalan çökelekler 1 mL saf suda çözdürüldükten sonra alınan örnekler üzerine 5 mL anthron çözeltisi ilave edilmiştir. Ardından örnekler 10 dakika kaynayan sıcak suda inkübe edilmiş ve oda sıcaklığına geldikten sonra 620 nm dalga boyunda glikoz standardı kullanarak spektrofotometrik okumalar yapılmıştır (Perkin Elmer Lambda 25, USA).

### 3.2.3.6. Lipid peroksidasyonu (MDA)

Hücrelerde lipid peroksidasyonu sonucu oluşan MDA (Malondialdehyde) miktarının ölçülmesi şeklinde uygulanan analiz, Rajinder, et al., (1981)'nin yöntemiyle belirlenmiştir. Ekstraksiyon için kullanılan havanlara, öğütmeyi kolaylaştırmak amacıyla deniz kumu ve örnekteki MDA'nın ekstrakte edilmesini sağlayan PVPP (PolyVinylPolyPyrrolidone) konulmuştur. Tüpteki ~100 mg yaprak örneği, % 0,1'lik 5 mL TCA çözeltisiyle birlikte havana boşaltılmıştır ve öğütülmüştür. Meydana gelen homojenize bitki örnekleri, 4°C'de 10000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edildikten sonra ayrılan sıvı kısımdan, 1,5 mL'lik mikro santrifüj tüplerine 300 L aktarılmıştır ve üzerine 1200 L ekstraksiyon çözeltisi (TBA (Thiobarbuturic acid) + %100 TCA (Trichloroacetic acid) + dH<sub>2</sub>O) eklenmiştir. Spektrofotometrede okuma yapılabilmesi için gerekli olan kör örneğin (blank-şahit) hazırlanması için, 300 L %0,1 TCA ve 1,2 mL'lik ekstraksiyon solüsyonu kullanılmıştır. Tüm örnekler ve şahit örnek ısıtıcı bloğa konulmadan önce kapaklarına delik açılarak asidin uçması sağlanmıştır. 95 °C' de ısıtıcı bloğa yerleştirilen örnekler 30 dakika bekletilmiştir. Bu zaman sonunda çıkarılan tüpler 5 dakika boyunca oda sıcaklığına dönmesi için buz içerisinde bekletilmiştir ve ardından 25 °C'de 10 dakika 10000 g'de santrifüj (Beckman Coulter Allegra 64R and Avanti 30 Compact Centrifuges, USA) edilmiştir. Santrifüjden çıkarılan örnekler, spektrofotometrede (Perkin Elmer Lambda 25, USA) 532 ve 600 nm dalga boylarında okunmuştur. Yapılan analizle belirlenen MDA miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{MDA (nmol/g T.A)} = \text{O.D farkı} \times 32,2 \times \text{seyreltme faktörü} / \text{g T.A}$$

O.D farkı = 532 ve 600 nm dalga boyunda okunan değerlerin farkı

T.A = Taze ağırlık

### 3.2.3.7. Hücre membran zararı

Örnek alınan yapraklardan 1,5 cm çapında diskler çıkarılmıştır. Köklerden ise 2 cm uzunluğunda kök parçası kesilmiştir. Yaprak disklerinin ve kök parçalarının üzerine 20 mL ultra saf su eklenmiştir. Örnekler 24 saat boyunca orbital çalkalayıcıda (Heidolph Unimax 2010, Germany) inkübasyona bırakılmıştır. Meydana gelen iyon sızıntısını belirlemek amacıyla örneklerin elektriksel iletkenliği EC metre (YSI 3200,USA) ile belirlenmiştir. Daha sonra otoklavda (Hirayama Hıclave HG -80, Japan) 121 °C de 20 dakika tutularak dokuların öldürülmesi sağlanmıştır. Örnekler otoklavdan çıkarıldıktan sonra 4 saat süre ile orbital çalkalayıcıda inkübasyona bırakılmıştır ve sonra yine EC metre ile ikinci okuma oda sıcaklığında yapılmıştır. Hücre membran zararlanması aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır (Arora, et al., 1998):

$$\% \text{ İyon Sızıntısı} = (O.D_1/O.D_2) \times 100$$

O.D<sub>1</sub>= 1. Okuma değeri

O.D<sub>2</sub>= 2.Okuma değeri

$$\% \text{ Zararlanma} = [(İyon sız. (U.) - \% İyon sız. (K.) / 100 - \% İyon sız. (K)] \times 100$$

U= Uygulama

K= Kontrol

Bu yöntemle genotiplerin hücre membran zararlanmaları yüzde (%) olarak belirlenmiştir.

### 3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen sonuçlar “SPSS 13.0 for Windows” istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılık ‘Duncan’ testi ile 0,05 önem seviyesinde ortaya konulmuştur.

## 4. SONUÇLAR

### 4.1. Yaprak ve Kök Kuru Ağırlığı

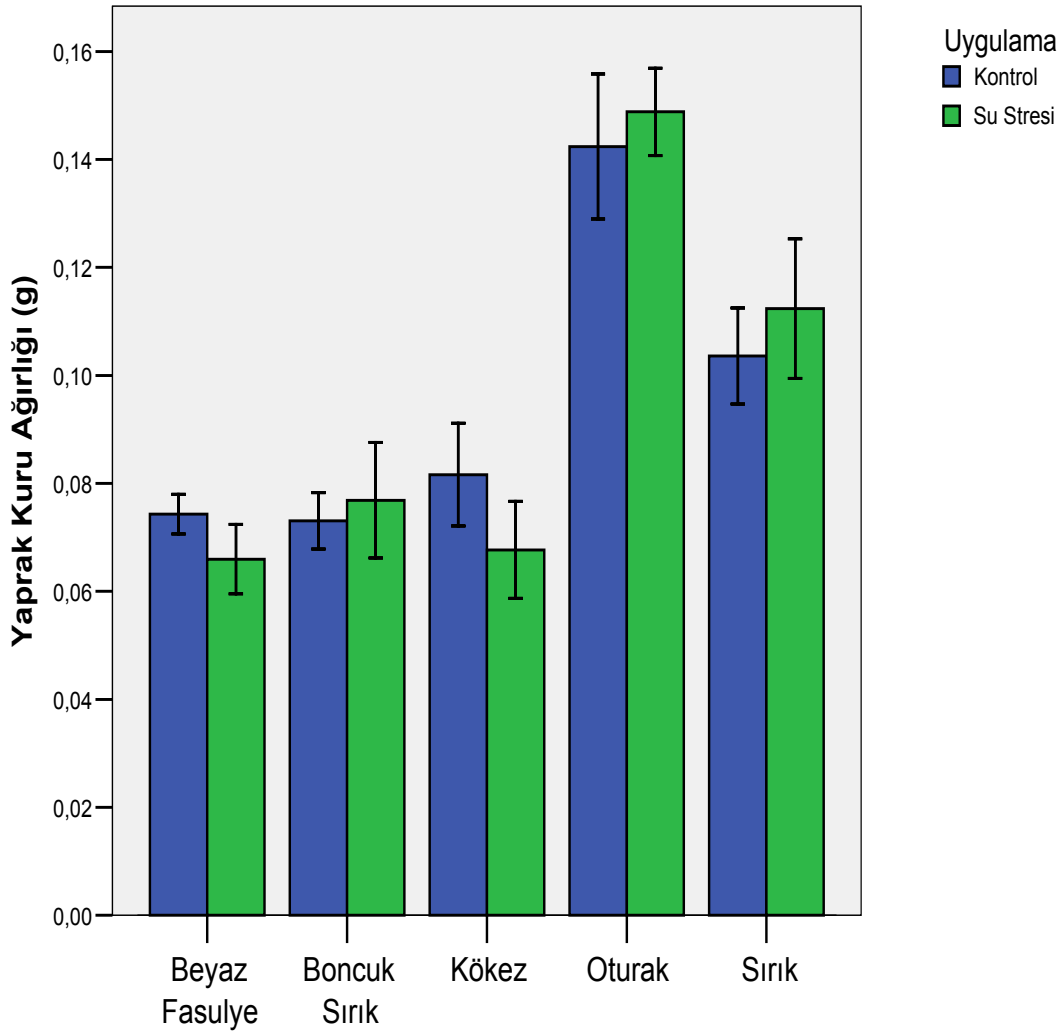
Çizelge 4.1.1 ve Şekil 4.1.1’de su fazlalığı koşullarının fasulye genotiplerinin yaprak kuru ağırlığı üzerindeki önem derecesi gösterilmiştir. Genotipler ve uygulamalara göre ortalama yaprak kuru ağırlığı değerlendirildiğinde Oturak (0,146 g) ve Sırık (0,108 g) en yüksek yaprak kuru ağırlığı değerine sahipken, Beyaz Fasulye (0,070 g), Kökez (0,075 g) ve Boncuk Sırık (0,0750 g) en düşük yaprak kuru ağırlığı değerlerine sahip olmuştur. Buna göre genotipler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasında ise önemli bir fark bulunmamıştır. Ayrıca genotip ve uygulama arasındaki interaksiyon tablosu Ek 1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak kuru ağırlığı

Genotip	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)
Beyaz Fasulye	0,070 <sup>c</sup>
Boncuk Sırık	0,075 <sup>c</sup>
Kökez	0,075 <sup>c</sup>
Oturak	0,146 <sup>a</sup>
Sırık	0,108 <sup>b</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	0,095
Su Fazlalığı Stresi	0,094
ANOVA	
Genotip	*
Uygulama	öd
GenotipxUygulama	öd

\*0,05 seviyesinde önemli

öd= önemli değil



Şekil 4.1.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak kuru ağırlığı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

Çizelge 4.1.2'de verilen kontrol ve su fazlalığı uygulamalarında genotiplerin yaprak kuru ağırlığı değerlerindeki değişim oranları karşılaştırıldığında Kökez (% 17,0) ve Beyaz Fasulye (% 11)'de yaprak kuru ağırlığının azaldığı belirlenmiştir. Su fazlalığı uygulaması Sırık (%8,0), Boncuk Sırık (% 5,0) ve Oturak (%5,0) genotiplerinde yaprak kuru ağırlığını arttırmıştır.

Çizelge 4.1.2. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen yaprak kuru ağırlığı değerlerindeki değişim oranları.

Genotipler	Yaprak Kuru Ağırlığı		Değişim Oranı (%)
	Kontrol	Su Fazlalığı	
Beyaz Fasulye	0,074	0,066	- 11,0
Boncuk Sırık	0,073	0,077	+ 5,0
Kökez	0,082	0,068	-17,0
Oturak	0,142	0,149	+5,0
Sırık	0,104	0,112	+8,0

Su fazlalığı uygulamaları ile birlikte kök kuru ağırlığındaki değişimler Çizelge 4.1.3 ve Şekil 4.1.2’de verilmiştir. Uygulamalar ve genotiplere göre, Oturak 0,18 g ile en yüksek kök kuru ağırlığına sahip iken, Boncuk Sırık ve Kökez 0,05 g ile en düşük kök kuru ağırlığı değerine sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise Kontrol’de 0,106 g olan kök kuru ağırlığı, su fazlalığı stresi koşullarında 0,091 g olarak belirlenmiştir. Buna göre genotipler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki fark da istatistiki olarak önemli olmuştur. Ayrıca uygulama ve genotip interaksiyon tablosu Ek 2’de sunulmuştur.

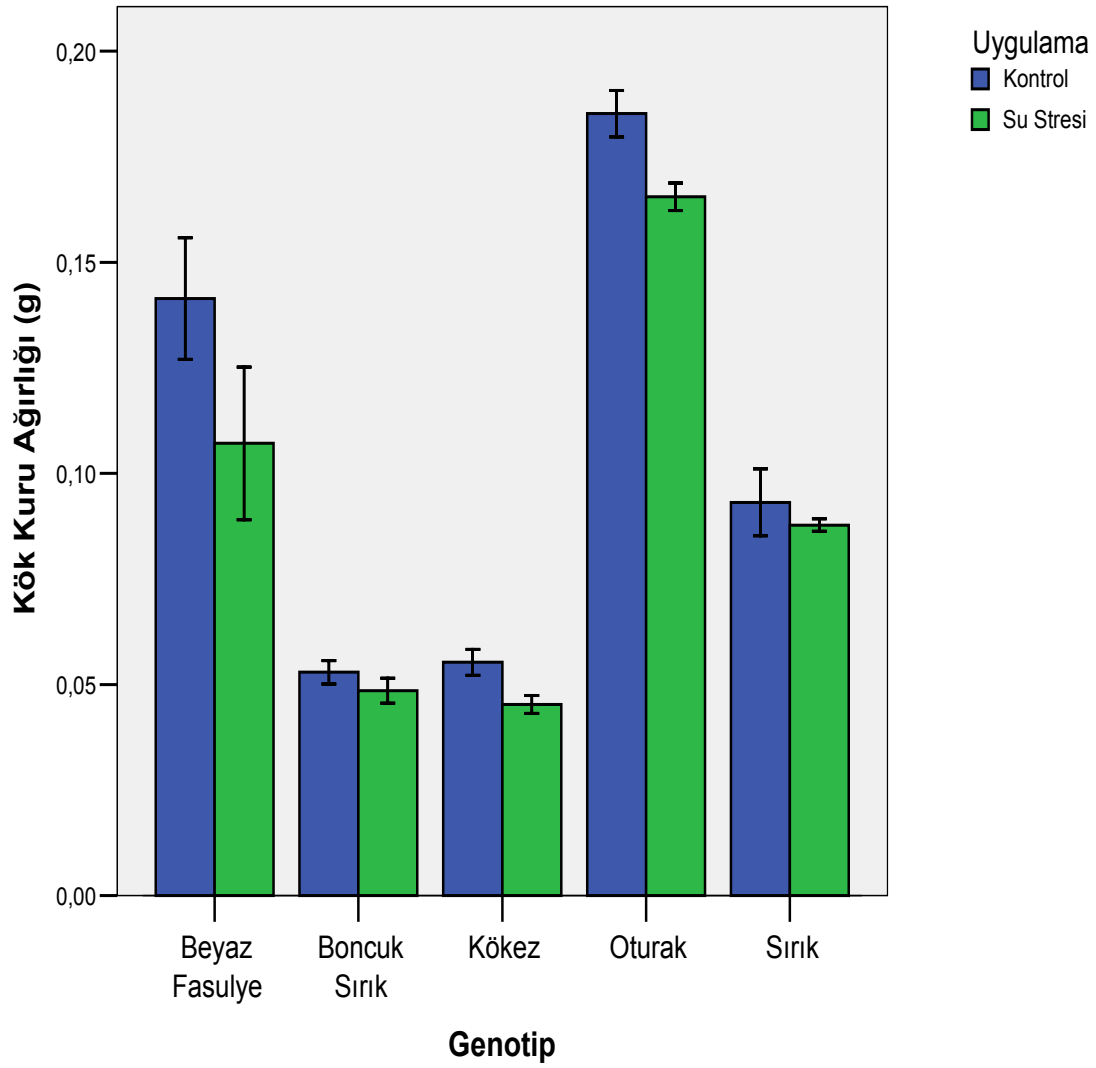
Çizelge 4.1.3. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin kök kuru ağırlığı.

Genotipler	Kök Kuru Ağırlığı (g)
Beyaz Fasulye	0,12 <sup>b</sup>
Boncuk Sırık	0,05 <sup>d</sup>
Kökez	0,05 <sup>d</sup>
Oturak	0,18 <sup>a</sup>
Sırık	0,09 <sup>c</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	0,106 <sup>a</sup>
Su Fazlalığı Stresi	0,091 <sup>b</sup>
ANOVA	
Genotip	*
Uygulama	*
Genotip×Uygulama	öd

\*0,05 seviyesinde önemli

öd= önemli değil





Şekil 4.1.2. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin kök kuru ağırlığı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

Kontrol ve su fazlalığı uygulamasının karşılaştırıldığı Çizelge 4.1.4'de, bütün genotiplerin kök kuru ağırlığının su fazlalığı koşullarında azaldığı belirlenmiştir. En fazla değişim oranı ise % 24,1 ve % 18,0 ile sırasıyla Beyaz Fasulye ve Kökez genotiplerinde meydana gelmiştir.

Çizelge 4.1.4. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen kök kuru ağırlığı değerlerindeki değişim oranları.

Genotipler	Kök Kuru Ağırlığı		Değişim Oranı (%)
	Kontrol	Su Fazlalığı	
Beyaz Fasulye	0,141	0,107	- 24,1
Boncuk Sırık	0,053	0,049	- 7,5
Kökez	0,055	0,045	-18,0
Oturak	0,185	0,166	- 10,3
Sırık	0,093	0,088	-5,4

#### 4.2. Yaprak Alanı

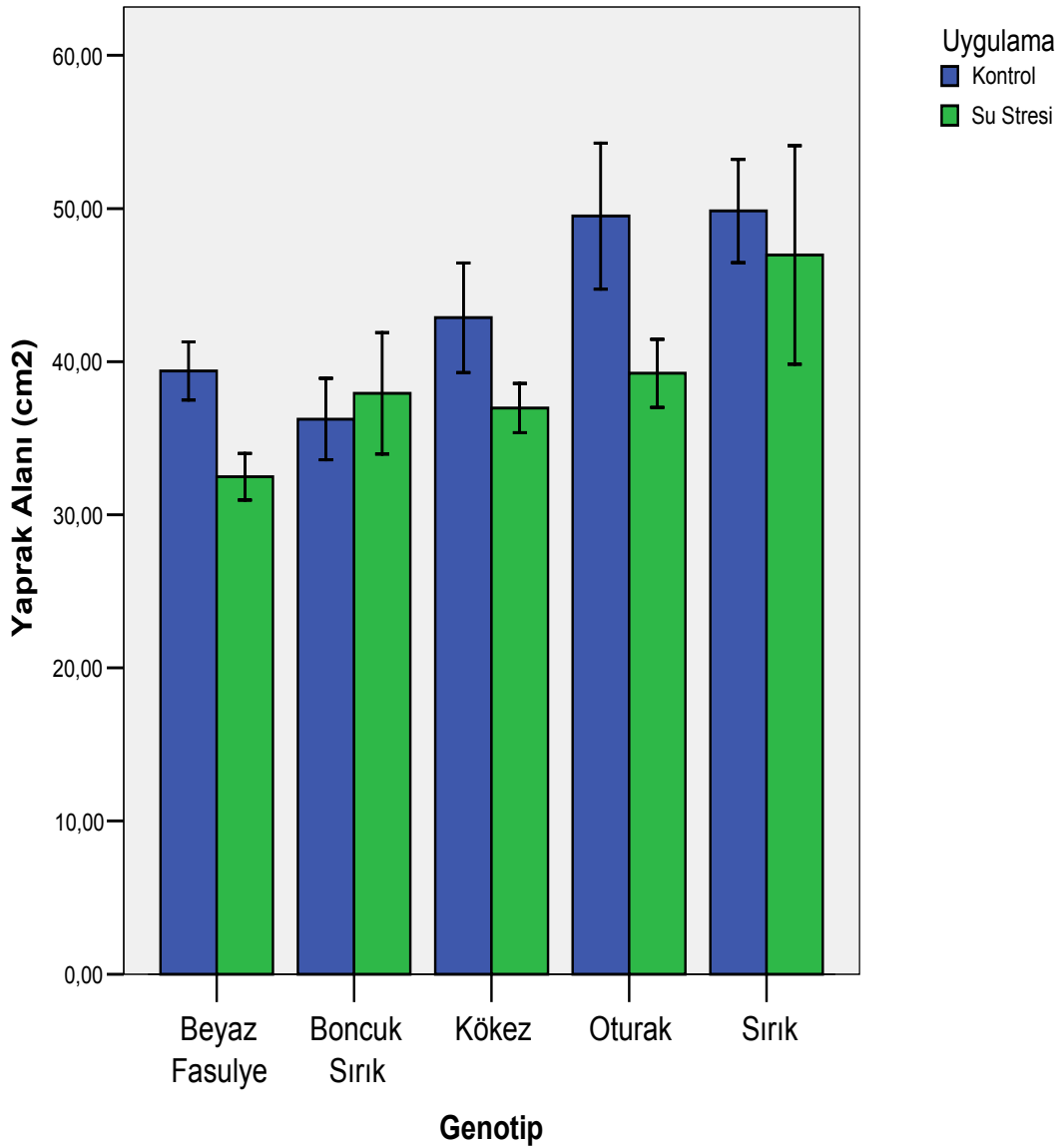
Genotipler ve uygulamalar itibariyle fasulye genotiplerinin yaprak alanı oranları Çizelge 4.2.1. ve Şekil 4.2.1’de verilmiştir. Uygulamalar ve genotiplere göre ortalama yaprak alanı oranları değerlendirildiğinde; Sırık (48,40 cm<sup>2</sup>) ve Oturak (44,37 cm<sup>2</sup>) en yüksek değere sahipken, Beyaz Fasulye (35,94 cm<sup>2</sup>) en düşük yaprak alanı değerine sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise Kontrol’de 43,57 cm<sup>2</sup> olan yaprak alanı, Su stresi koşullarında 38,72 cm<sup>2</sup> ye kadar düşmüştür. Buna göre genotipler arasındaki fark ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulamalar arasındaki interaksiyon tablosu Ek 3’ te verilmiştir.

Çizelge 4.2.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak alanı.

Genotip	Yaprak Alanı cm <sup>2</sup>
Beyaz Fasulye	35,94 <sup>c</sup>
Boncuk Sırık	37,09 <sup>bc</sup>
Kökez	39,92 <sup>bc</sup>
Oturak	44,37 <sup>ab</sup>
Sırık	48,40 <sup>a</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	43,57 <sup>a</sup>
Su Fazlalığı Stresi	38,72 <sup>b</sup>
ANOVA	
Genotip	*
Uygulama	*
Genotip×Uygulama	öd

\*0,05 seviyesinde önemli

öd= Önemli değil.



Şekil 4.2.1. Su fazlalığına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yaprak alanı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

Kontrol ile su fazlalığı uygulamalarında genotiplerin yaprak alanı değerleri karşılaştırılarak değişim oranları Çizelge 4.2.2' de gösterilmiştir. Buna göre Boncuk Sırık dışında tüm genotiplerin yaprak alanı değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ancak en yüksek azalma % 21,0 ile Oturak genotipinde olmuştur. Bunu % 18 ile Beyaz Fasulye ve % 14,0 ile Kökez genotipleri izlemiştir.

Çizelge 4.2.2. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen yaprak alan değerlerindeki değişim oranları.

Genotipler	Yaprak Alanı (cm <sup>2</sup> )		Değişim Oranı (%)
	Kontrol	Su Fazlalığı	
Beyaz Fasulye	39,39	32,48	-18,0
Boncuk Sırık	36,24	37,93	+5,0
Kökez	42,87	36,97	-14,0
Oturak	49,50	39,24	-21,0
Sırık	49,84	46,96	-6,0

#### 4.3. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK) ve Turgor Kaybı (TK)

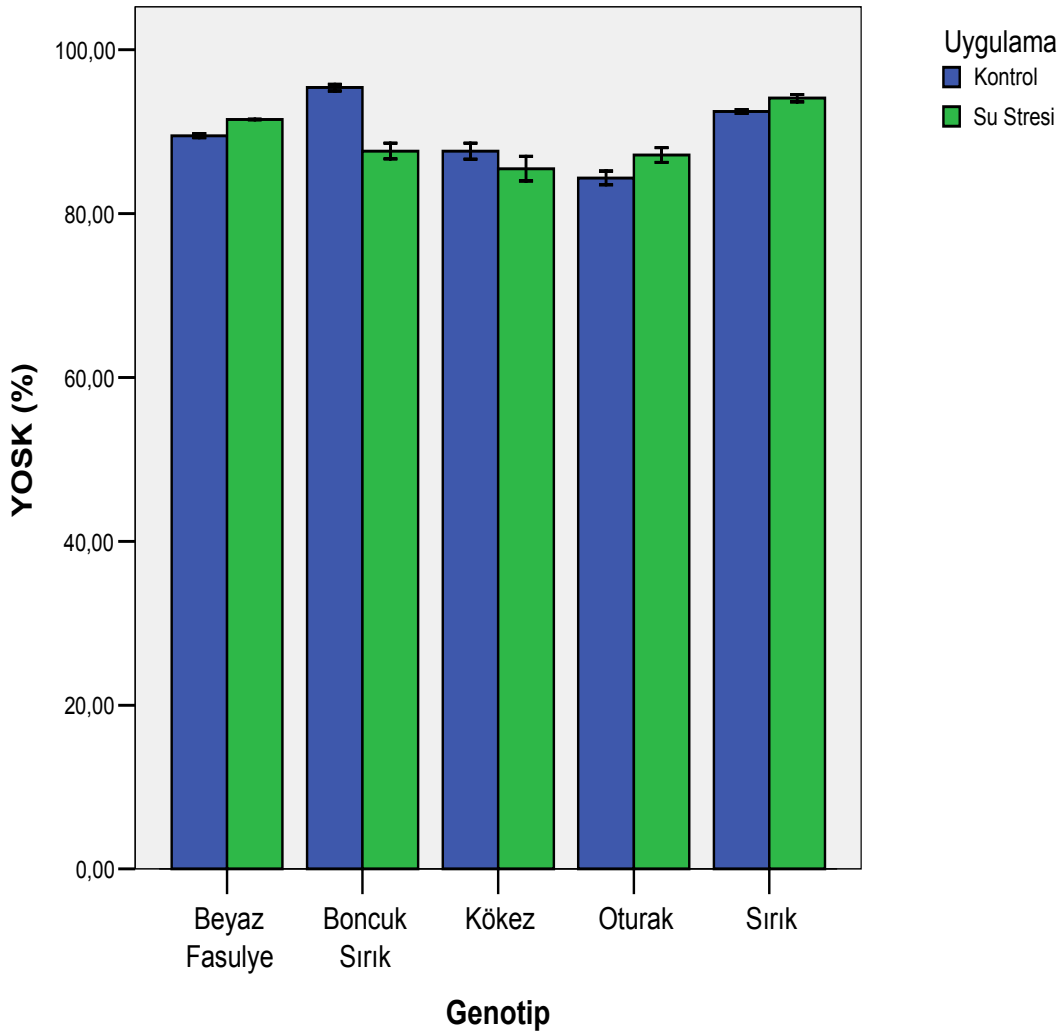
Çizelge 4.3.1 ve Şekil 4.3.1’de su fazlalığı uygulamasının fasulye genotiplerinin yapraklarındaki YOSK üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Uygulamalar ve genotiplere göre ortalama YOSK oranları değerlendirildiğinde; Sırık ~ %93,45 ile en yüksek YOSK’na sahip iken, bunu ~ % 90,50 ile Boncuk Sırık ve Beyaz Fasulye takip etmiştir. Kökez (% 86,56) ve Oturak (%85,76) genotiplerinin ise, en düşük YOSK değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna göre genotipler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulama arasındaki interaksiyon % 5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 4).

Çizelge 4.3.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki yaprak oransal su kapsamı (YOSK).

Genotip	YOSK (%)
Beyaz Fasulye	90,50 <sup>b</sup>
Boncuk Sırık	90,74 <sup>b</sup>
Kökez	86,56 <sup>c</sup>
Oturak	85,76 <sup>c</sup>
Sırık	93,45 <sup>a</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	89,88
Su Fazlalığı Stresi	89,18
ANOVA	
Genotip	*
Uygulama	öd
Genotip×Uygulama	*

\*0,05 seviyesinde önemli

öd= önemli değil.



Şekil 4.3.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki yaprak oransal su kapsamı (YOSK). Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

Su fazlalığı uygulamalarının taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki TK üzerindeki önem derecesi Çizelge 4.3.2 ve Şekil 4.3.2'de sunulmuştur. Uygulamalar ve genotiplere göre ortalama TK oranları değerlendirildiğinde; Sırık (% 5,99) ortalama en düşük TK'na sahip iken, Oturak (% 12,81) en yüksek TK'na sahip olmuştur. Buna göre

genotipler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve su fazlalığı uygulamaları arasındaki interaksiyon % 5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 5).

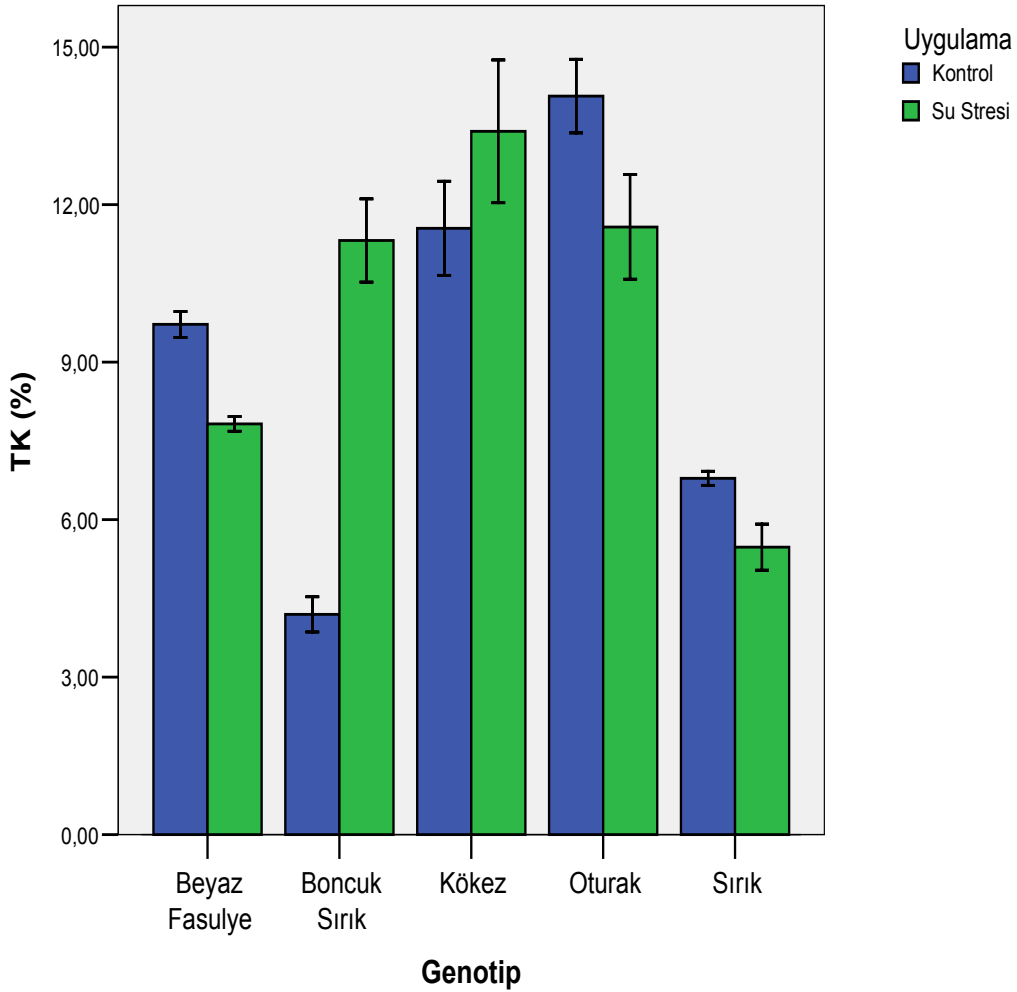
Çizelge 4.3.2. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki turgor kaybı (TK).

Genotip	TK (%)
Beyaz Fasulye	8,76 <sup>b</sup>
Boncuk Sırık	8,47 <sup>b</sup>
Kökez	12,47 <sup>a</sup>
Oturak	12,81 <sup>a</sup>
Sırık	5,99 <sup>c</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	9,26
Su Fazlalığı Stresi	9,91
ANOVA	
Genotip	*
Uygulama	ö.d
Genotip×Uygulama	*

\*0,05 seviyesinde önemli

öd= önemli değil.





Şekil 4.3.2. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki turgor kaybı (TK). Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

#### 4.4. Toplam Klorofil

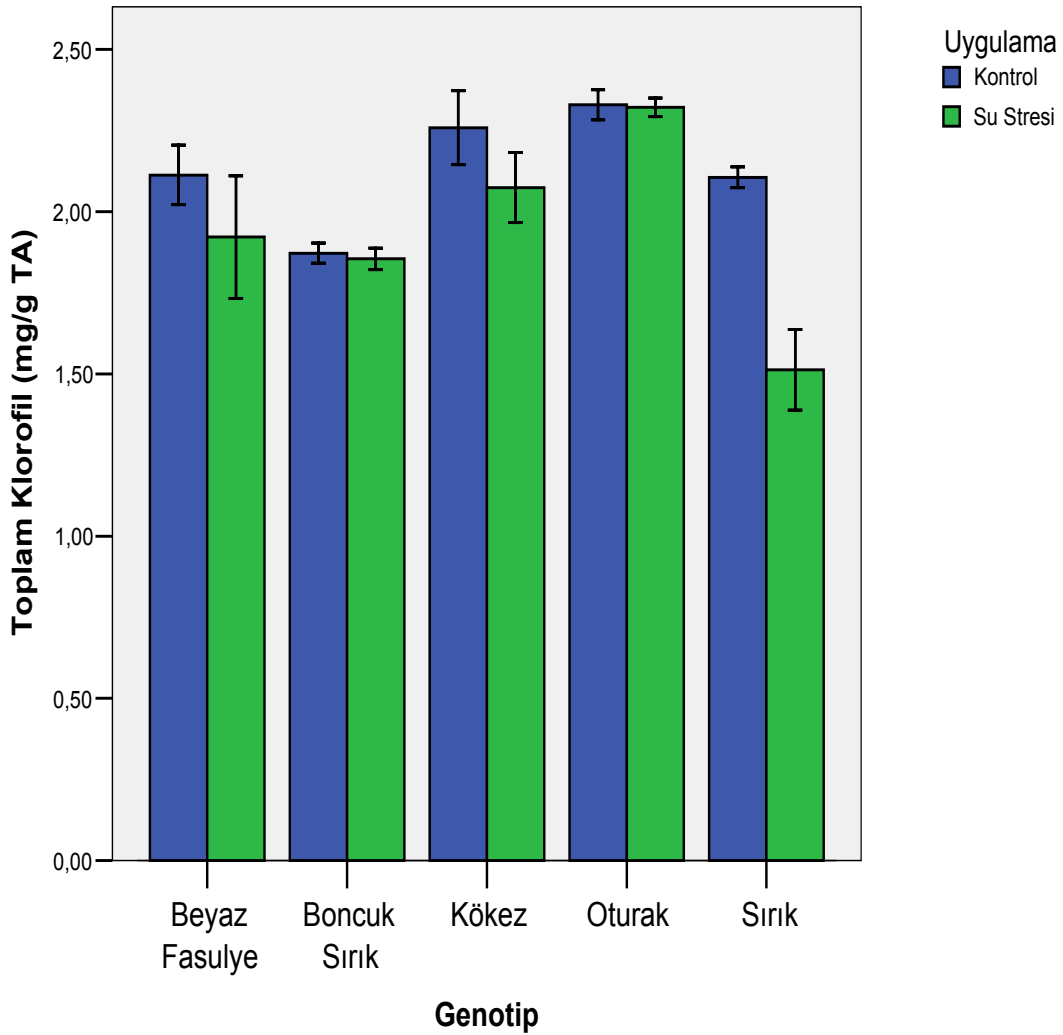
Su fazlalığı uygulamaları ile birlikte toplam klorofil miktarındaki değişimler Çizelge 4.4.1 ve Şekil 4.4.1'de verilmiştir. Genotipler arasındaki su fazlalığı uygulamasının etkisine bağlı olarak toplam klorofil miktarları incelendiğinde, Oturak 2,33 mg/g TA, Kökez ise 2,17 mg/g TA ile en yüksek toplam klorofil miktarına sahipken, Boncuk Sırık (1,86 mg/g TA) ve Sırık (1,87 mg/g TA) genotiplerinin en düşük toplam klorofil miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında Kontrol uygulamasında 2,14 mg/g TA olan toplam klorofil miktarı, Su fazlalığı stresi koşullarında 1,94 mg/g TA olarak belirlenmiştir. Buna göre genotipler

arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca uygulamalar arasındaki farkta istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Genotip ve uygulama arasındaki interaksiyon % 5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 6).

Çizelge 4.4.1 Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinde toplam klorofil miktarı.

Genotip	Toplam Klorofil (mg/gTA)
Beyaz Fasulye	2,02 <sup>b</sup>
Boncuk Sırık	1,86 <sup>c</sup>
Kökez	2,17 <sup>ab</sup>
Oturak	2,33 <sup>a</sup>
Sırık	1,87 <sup>bc</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	2,14 <sup>a</sup>
Su Fazlalığı Stresi	1,94 <sup>b</sup>
ANOVA	
Genotip	*
Uygulama	*
Genotip×Uygulama	*

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.4.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinde toplam klorofil (mg/g TA) miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir.

Kontrol ile su fazlalığı uygulamalarında genotiplerin toplam klorofil miktarları karşılaştırılarak değişim oranları Çizelge 4.4.2' de gösterilmiştir. Buna göre tüm genotiplerin toplam klorofil miktarlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ancak en fazla azalma % 28,0 ile Sırık genotipinde olmuştur. Bunu % 9,0 ile Beyaz Fasulye, % 8,0 ile ise Kökez izlemiştir.

Çizelge 4.4.2. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen toplam klorofil miktarlarındaki değişim oranları.

Genotipler	Toplam Klorofil		Değişim Oranı (%)
	Kontrol	Su Fazlalığı	
Beyaz Fasulye	2,11	1,92	-9,0
Boncuk Sırık	1,87	1,85	-1,0
Kökez	2,26	2,07	-8,0
Oturak	2,33	2,32	-0,5
Sırık	2,11	1,51	-28,0

#### 4.5. Toplam Şeker

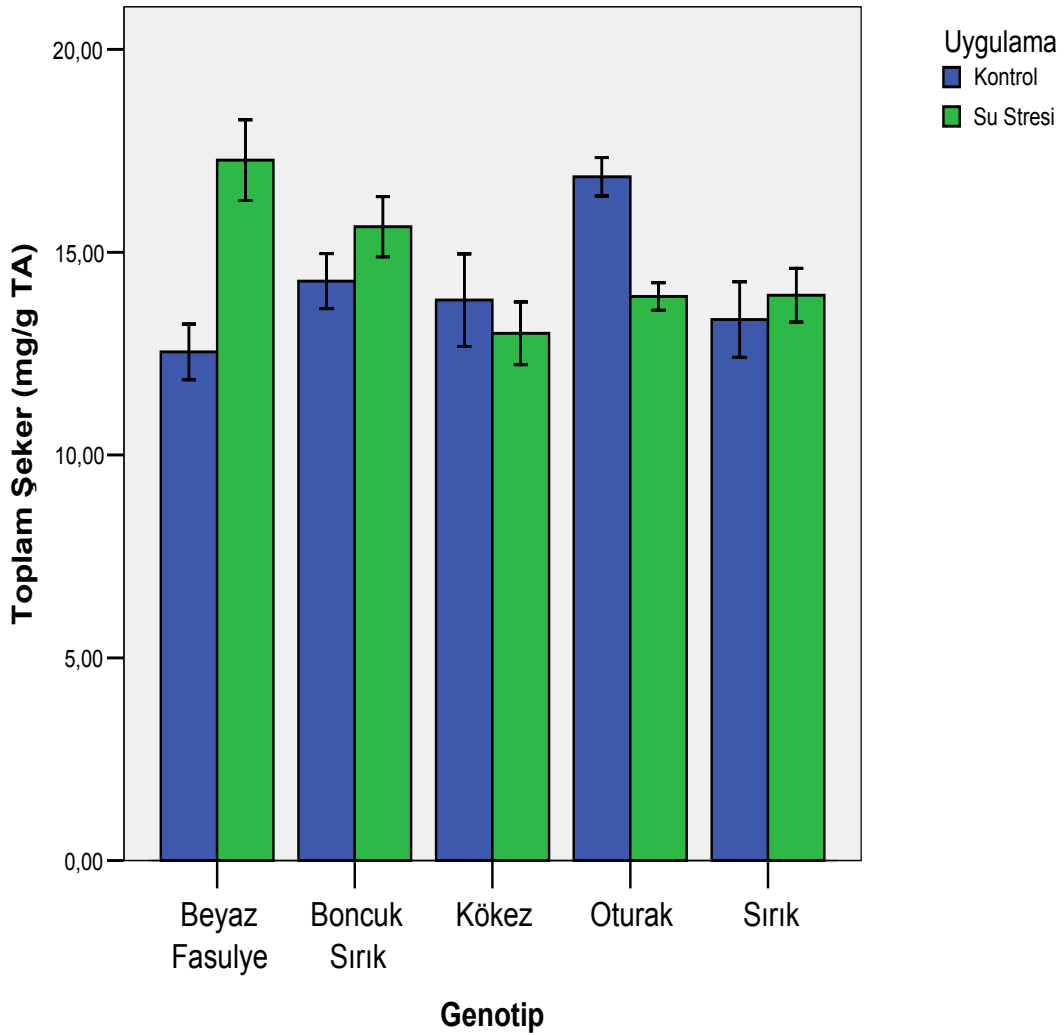
Çizelge 4.5.1 ve Şekil 4.5.1' de su fazlalığı uygulamasının taze fasulye genotiplerinin köklerindeki toplam şeker miktarı üzerindeki önem derecesi gösterilmiştir. Uygulamalar ve genotiplere göre ortalama kök şeker miktarları değerlendirildiğinde; 15,39 mg/g TA ile en yüksek toplam şeker miktarının Oturak genotipinde olduğu tespit edilmiştir. Bunu Boncuk sırık (14,95 mg/g TA) ve Beyaz Fasulye (14,44 mg/g TA) genotipleri takip etmiştir. Kökez (13,41 mg/g TA) en düşük şeker içeriğine sahip olmuştur. Buna göre genotipler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Ancak genotip ve su fazlalığı uygulaması arasındaki interaksiyon % 5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 7).

Çizelge 4.5.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki toplam şeker miktarı.

Genotip	Toplam Şeker (mg/g T.A.)
Beyaz Fasulye	14,44 <sup>ab</sup>
Boncuk Sırık	14,96 <sup>ab</sup>
Kökez	13,41 <sup>b</sup>
Oturak	15,39 <sup>a</sup>
Sırık	13,64 <sup>b</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	14,17
Su Fazlalığı Stresi	14,75
ANOVA	
Genotip	ö.d
Uygulama	ö.d
Genotip×Uygulama	*

\*0,05 seviyesinde önemli

ö.d= önemli değil



Şekil 4.5.1. Su fazlalığına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki toplam şeker miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

Genotipler ve uygulamalar itibariyle taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki toplam şeker oranı Çizelge 4.5.2 ve Şekil 4.5.2 'de verilmiştir. Uygulamalar ve genotiplere göre ortalama yaprak toplam şeker miktarları değerlendirildiğinde; Boncuk Sırık (1,25 mg/ g TA), Sırık (1,12 mg/ g TA) ve Kökez (1,09 mg/gTA) en yüksek toplam şeker miktarına sahipken, Beyaz Fasulye (0,59 mg / g TA) ve Oturak (0,61 mg/g TA) en düşük şeker içeriğine sahip olmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise Kontrol uygulamasında 0,99 mg/g TA olan şeker içeriği, su fazlalığı koşullarında 0,88 mg/g TA olarak belirlenmiştir. Buna göre genotipler arasındaki fark istatistiki olarak

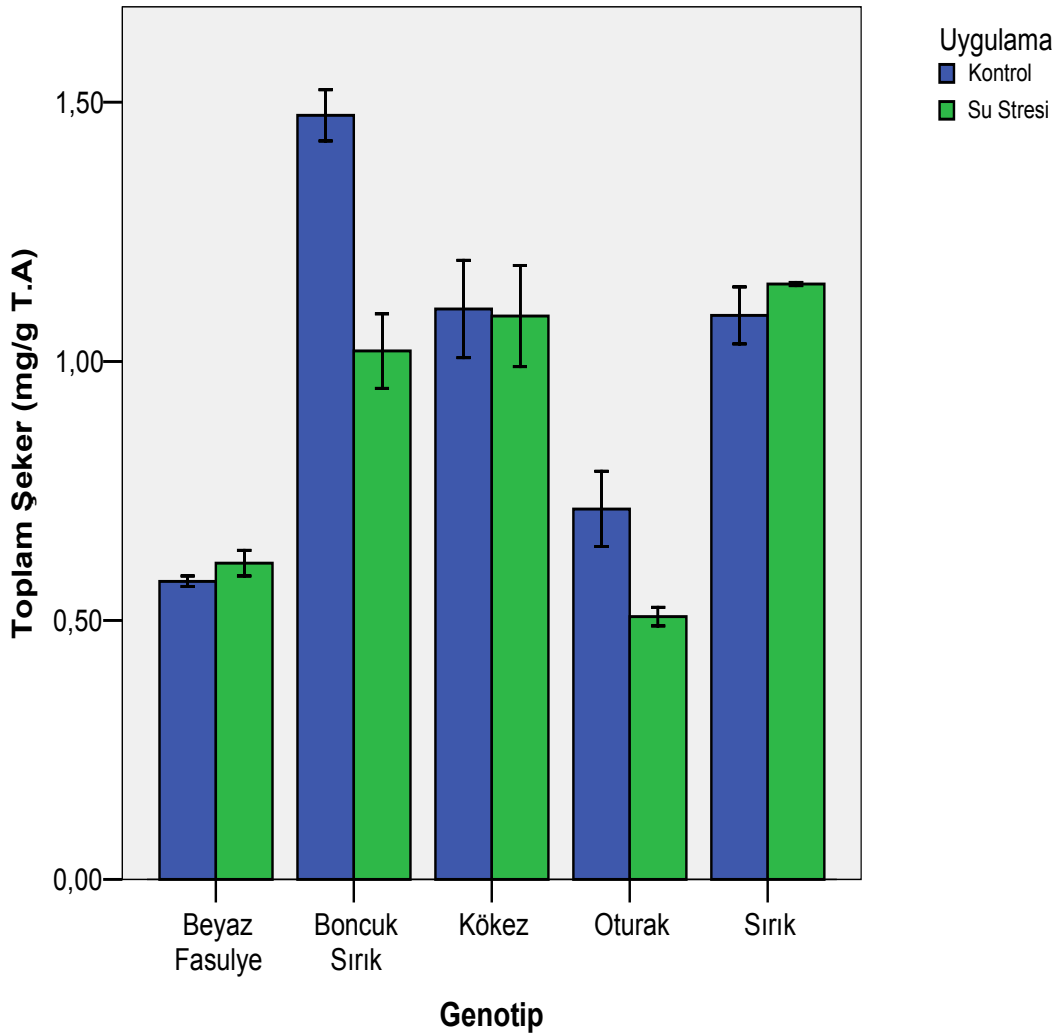
önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Genotip ve uygulama arasındaki interaksiyon ise % 5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek 8).

Çizelge 4.5.2. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki toplam şeker miktarı.

Genotip	Toplam Şeker (mg/g TA)
Beyaz Fasulye	0,59 <sup>c</sup>
Boncuk Sırık	1,25 <sup>a</sup>
Kökez	1,09 <sup>b</sup>
Oturak	0,61 <sup>c</sup>
Sırık	1,12 <sup>b</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	0,99
Su Fazlalığı Stresi	0,88
ANOVA	
Genotip	*
Uygulama	öd
Genotip×Uygulama	*

\*0,05 seviyesinde önemli

ö.d= önemli değil



Şekil 4.5.2. Su fazlalığına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki toplam şeker miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir.

#### 4.6. Lipid Peroksidasyonu (MDA)

Çizelge 4.6.1 ve Şekil 4.6.1'de taze fasulye genotiplerinin köklerindeki MDA miktarları karşılaştırıldığında, genotipler arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Oturak 262,57 nmol/g TA ile en yüksek kök MDA miktarına sahip olmuştur. Bunu 234,81 nmol/g TA ile Kökez izlemiştir. Sırık ise 122,348 nmol/g TA ile en düşük MDA miktarına sahip genotip olarak belirlenmiştir. Buna göre genotipler arasındaki fark



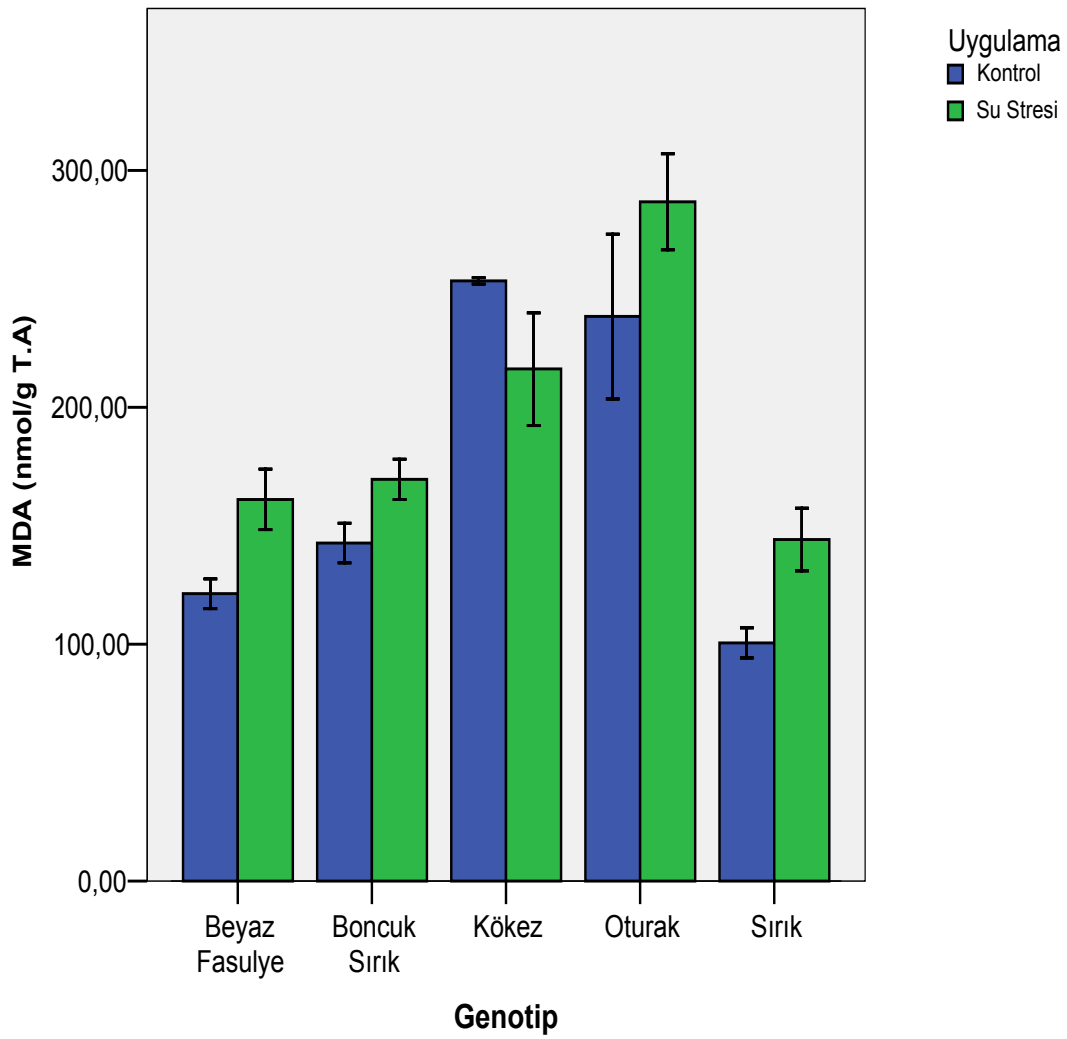
istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Genotip ve uygulama arasındaki interaksiyon tablosu Ek 9' da verilmiştir.

Çizelge 4.6.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki MDA miktarı.

Genotip	MDA(nmol/gTA)
Beyaz Fasulye	141,25 <sup>cd</sup>
Boncuk Sırık	156,17 <sup>c</sup>
Kökez	234,81 <sup>b</sup>
Oturak	262,57 <sup>a</sup>
Sırık	122,35 <sup>d</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	171,28
Su Fazlalığı Stresi	195,58
ANOVA	
Genotip	*
Uygulama	ö.d
Genotip×Uygulama	ö.d

\*0,05 seviyesinde önemli

ö.d= Önemli değil.



Şekil 4.6.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki MDA miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

Kontrol ve su fazlalığı uygulamalarında MDA miktarındaki değişimin karşılaştırıldığı Çizelge 4.6.2'de, Kökez dışında tüm genotiplerde su fazlalığı koşullarının kök MDA miktarını arttırdığı belirlenmiştir. En yüksek artış % 43 ile Sırik genotipinde olmuştur. Bu artış Beyaz Fasulye'de %33, Oturak'ta % 20 ve Boncuk Sırik'ta ise % 19 olarak tespit edilmiştir. Su fazlalığı koşulları Kökez genotipinde ise kök MDA miktarını % 15 oranında azaltmıştır.

Çizelge 4.6.2. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen köklerdeki MDA miktarlarındaki değişim oranları.

Genotipler	MDA (nmol/g TA)		Değişim Oranı (%)
	Kontrol	Su Fazlalığı	
Beyaz Fasulye	121,33	161,17	+33
Boncuk Sırık	142,72	169,63	+19
Kökez	253,46	216,17	-15
Oturak	238,34	286,78	+20
Sırık	100,54	144,16	+43

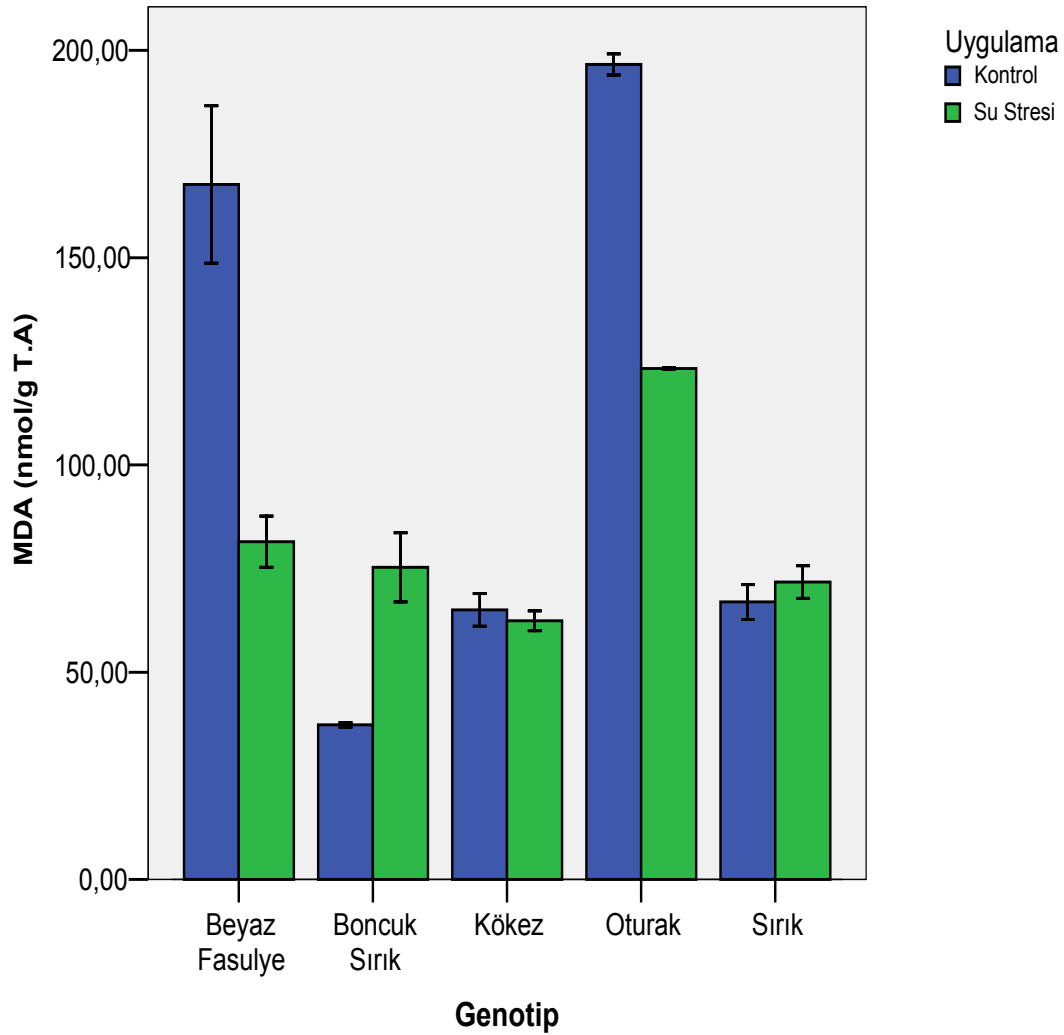
Genotipler ve uygulamalar itibariyle fasulye genotiplerinin yapraklarındaki MDA oranı Çizelge 4.6.3 ve Şekil 4.6.2’de verilmiştir. Uygulamalar ve genotiplere göre ortalama yaprak MDA miktarları değerlendirildiğinde Oturak (159,94 nmol/g TA ), Beyaz Fasulye (115,95 nmol/g TA) en yüksek değere sahipken, Boncuk Sırık (60,11 nmol/g TA), Kökez (63,73 nmol/g TA) ve Sırık (69,82 nmol/g TA) genotiplerinin en düşük MDA içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında ise Kontrol’de 106,71 nmol/g TA olan MDA içeriği, Su fazlalığı koşullarında 82,85 nmol/g TA olarak belirlenmiştir. Buna göre genotipler ve uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca genotip ve uygulama arasındaki interaksiyon % 5 seviyesinde önemli olmuştur (Ek10).

Çizelge 4.6.3. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki MDA miktarı.

Genotip	MDA(nmol/gTA)
Beyaz Fasulye	115,95 <sup>b</sup>
Boncuk Sırık	60,11 <sup>c</sup>
Kökez	63,73 <sup>c</sup>
Oturak	159,94 <sup>a</sup>
Sırık	69,82 <sup>c</sup>
Uygulamalar	
Kontrol	106,71 <sup>a</sup>
Su Fazlalığı Stresi	82,85 <sup>b</sup>
ANOVA	
Genotip	*
Uygulama	*
Genotip×Uygulama	*

\*0,05 seviyesinde önemli

ö.d= önemli değil



Şekil 4.6.2. Su fazlalığına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki MDA miktarı. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

Çizelge 4.6.4'de verilen kontrol ve su fazlalığı uygulamalarının değişim oranları karşılaştırıldığında sadece Boncuk Sırık (% 102) ve Sırık (%7) genotiplerinde yaprak MDA miktarının su fazlalığı uygulaması ile arttığı tespit edilmiştir. Beyaz Fasulye (%51), Oturak (% 37) ve Kökez (%4) genotiplerinde ise yaprak MDA miktarının su fazlalığı uygulaması ile azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6.4. Taze fasulye genotiplerinin kontrol örnekleri ile su fazlalığı uygulamasında belirlenen yapraklarındaki MDA miktarlarındaki değişim oranları.

Genotipler	MDA (nmol/g TA)		Değişim Oranı (%)
	Kontrol	Su Fazlalığı	
Beyaz Fasulye	167,64	81,48	-51
Boncuk Sırık	37,31	75,31	+102
Kökez	65,04	62,41	-4
Oturak	196,62	123,27	-37
Sırık	66,92	71,76	+7

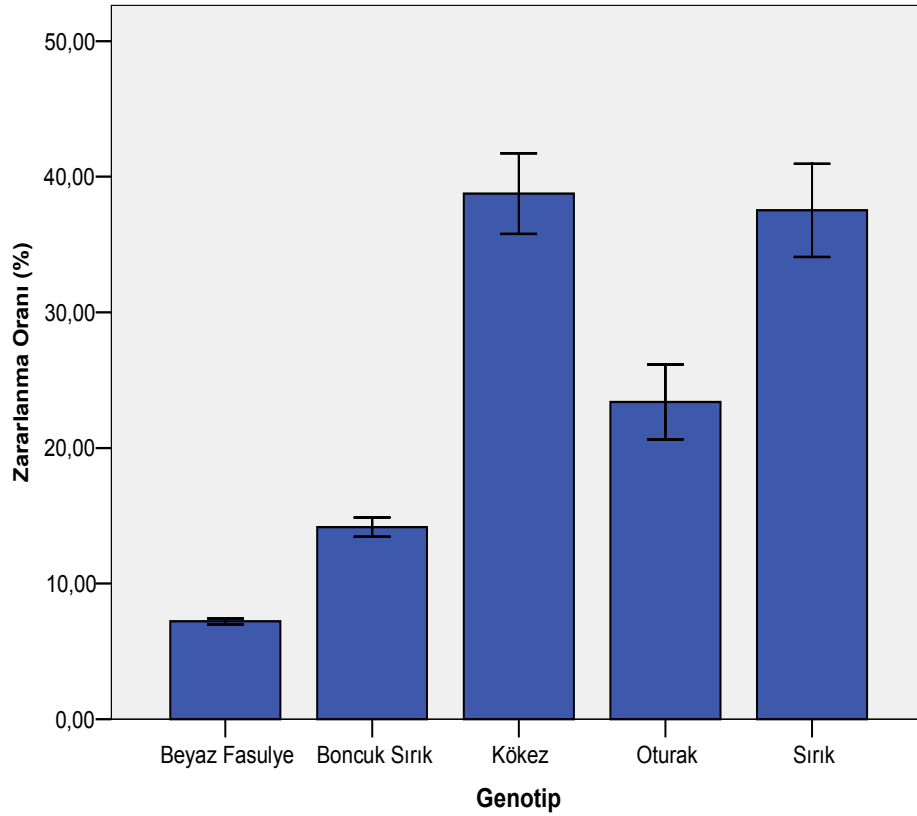
#### 4.7. Hücre Membran Zararlanma Oranı

Su fazlalığı uygulamasına bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki zararlanma oranları Çizelge 4.7.1 ve Şekil 4.7.1’de verilmiştir. Ortalama hücre membran zararlanma oranları değerlendirildiğinde; Kökez (%38,75) ve Sırık (%37,52) en yüksek değere sahipken, Beyaz Fasulye (%7,22) en düşük zararlanma oranına sahip olmuştur. Buna göre genotipler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.7.1 Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki hücre membran zararlanması.

Genotip	Zararlanma Oranı(%)
Beyaz Fasulye	7,22 <sup>c</sup>
Boncuk Sırık	14,16 <sup>bc</sup>
Kökez	38,75 <sup>a</sup>
Oturak	23,39 <sup>ab</sup>
Sırık	37,52 <sup>a</sup>
Genotip	*

\*0,05 seviyesinde önemli



Şekil 4.7.1. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin köklerindeki zararlanma oranları. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'lerini göstermektedir.

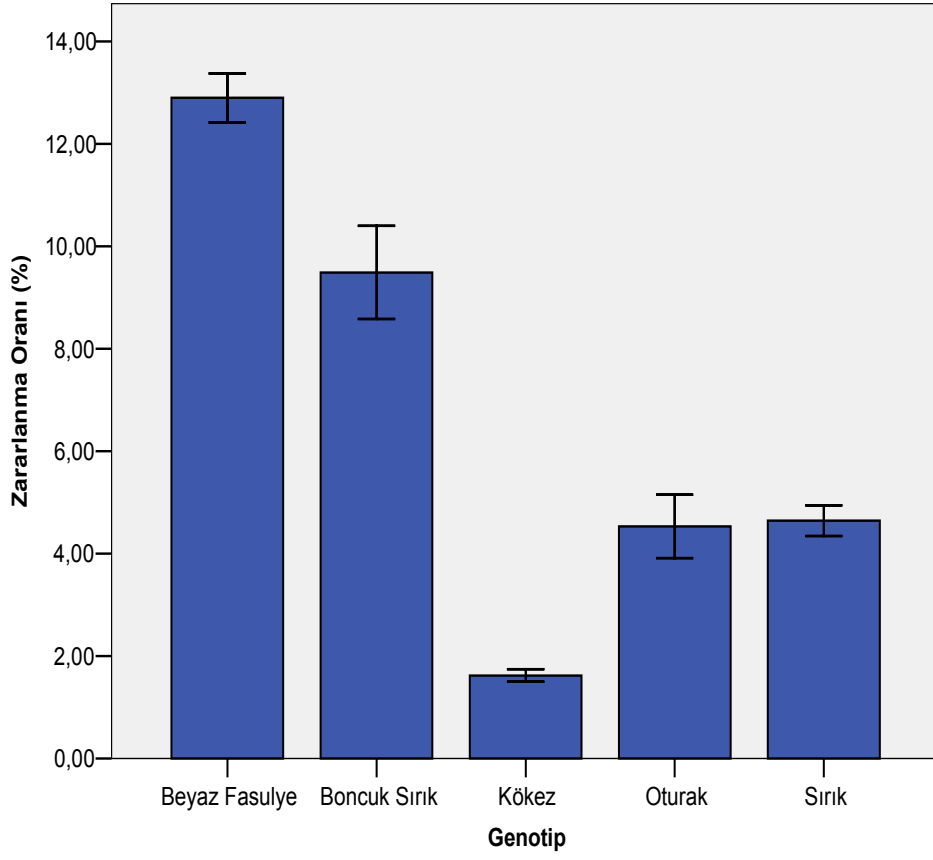
Genotipler ve su fazlalığı uygulaması itibariyle taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki zararlanma oranı Çizelge 4.7.2 ve Şekil 4.7.2’de verilmiştir. Genotiplere göre ortalama zararlanma oranları değerlendirildiğinde; Beyaz Fasulye %12,90 ile en yüksek zararlanma oranına sahipken, Kökez %1,60 ile en düşük zararlanma değerine sahip olmuştur. Buna göre genotipler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.7.2. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki hücre membran zararlanması.

Genotipler	Zararlanma Oranı(%)
Beyaz Fasulye	12,90 <sup>a</sup>
Boncuk Sırık	9,49 <sup>b</sup>
Kökez	1,62 <sup>d</sup>
Oturak	4,53 <sup>c</sup>
Sırık	4,64 <sup>c</sup>
Genotip	*

\*0,05 seviyesinde önemli





Şekil 4.7.2. Su fazlalığı stresine bağlı olarak taze fasulye genotiplerinin yapraklarındaki hücre membran zararlanması. Dikey barlar tekerrürlerin  $\pm$  SS'larını göstermektedir.

## 5. TARTIŞMA

Su fazlalığı; tuzluluk ve ekstrem sıcaklıklar gibi türlerin dünya üzerinde dağılımını sınırlayan faktörlerin arasında yer almaktadır (Visser, et al.,2003). Su fazlalığı; sağanak yağış ve sulama suyunun sızma olmaksızın uzun süre toprak yüzeyinde birikmesi durumunda oluşmaktadır (Samad, et al., 2001). Su fazlalığının önemli etkilerinden bazıları su ve besin maddesi alımında azalma ve metabolizmada yavaşlamadır. Uzun süreli su fazlalığı ise anoksia koşullarına yol açar (Dat, et al., 2004).

Fide döneminde kök bölgesinde kısa süreli su fazlalığına maruz bırakılan 5 taze fasulye genotipinde su fazlalığına bağlı olarak genotiplerin yaprak kuru ağırlığında meydana gelen değişimler farklılıklar göstermiştir. Boncuk Sırık, Oturak ve Sırık genotiplerinde yaprak kuru ağırlığında artış gözlenirken, Kökez ve Beyaz Fasulye genotiplerinde yaprak kuru ağırlığının azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan su fazlalığına bağlı olarak denemeye alınan bütün genotiplerin kök kuru ağırlığında azalma olduğu tespit edilmiştir. Ancak en fazla azalma % 24,1 ile Beyaz Fasulye ve % 18,0 ile Kökez genotiplerinde olmuştur. Yetişir et al. (2006) karpuzda yaptıkları çalışmada, su fazlalığı sonucunda bitkinin kuru ağırlığında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Bakla (Pociecha, et al., 2008) ve domateste (Else, et al., 2009) yapılan çalışmalarda da, yaş ve kuru ağırlığın fazla su uygulaması ile azaldığı belirlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre su fazlalığına bağlı olarak değerlendirilen genotiplerin genellikle yaprak alanlarının azaldığı tespit edilmiştir. En fazla azalmanın ise Oturak (% 21), Beyaz Fasulye (% 18) ve Kökez (% 14) genotiplerinde olduğu saptanmıştır. Literatürde su fazlalığı uygulamaları sonucunda soya fasulyesinde (Nakayama and Komatsu, 2008) ve taze fasulyede (Singer, et al., 1996) yaprak alanının azaldığı belirlenmiştir. Taze fasulyede aşırı su uygulamaları sonucunda Giza 3 ve Bronco çeşitlerinde yaprak alanının azaldığı belirtilmiştir (Singer, et al., 1996). Araştırmacıların bulguları ve çalışmadan elde edilen sonuçların aynı doğrultuda olduğu görülmektedir.

Kök bölgesinde oluşturulan fazla suyun YOSK ve TK üzerine etkileri istatistiki olarak önemli bulunmamakla birlikte genotipler arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Mandarin anaçlarında yapılan bir çalışmada da benzer şekilde fazla suyun YOSK değerlerini etkilemediği tespit edilmiştir (Garcia-Sanchez, et al., 2007). *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus*, *Ulmus Americana*, *Salix nigra*, and *Quercus macrocarpa* fidelerinde yapılan çalışmada su fazlalığı sonucu stomaların kapandığı, ancak yaprak su potansiyeli ve turgor oranının kontrol bitkilerde daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Kozlowski, 1984). Bu durum, kök direncinin yükselmesi sonucu azalan su absorpsiyonunun stoma kapanması ile dengelendiği ve böylece hücre turgorunda azalma olmadığı şeklinde açıklanmaktadır (Kozlowski, 1984). Buna karşılık domateste yapılan su fazlalığı uygulamasının ardından YOSK'nda su fazlalığına bağlı olarak azalma görüldüğü kaydedilmiştir (Else, et al., 2009). YOSK ve TK değerleri, bitkideki su dengesini tespit etmemizde önemli bir göstergedir. Denememizde en yüksek YOSK değerleri, Sırık, Boncuk Sırık ve Beyaz Fasulye genotiplerinde olmuş en düşük değerler ise Kökez ve Oturak genotiplerinde belirlenmiştir. Buna karşılık TK değerlerine bakıldığında ise en az kaybın Sırık, en fazla kaybın ise Kökez ve Oturak genotiplerinde olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, su fazlalığı uygulaması 5 taze fasulye genotipinde toplam klorofil miktarını azaltmıştır. Çalışmalar, su fazlalığı stresinde özellikle vegetatif dönemde yapraklarda klorofil a ve klorofil b miktarının azaldığını göstermektedir (Pociecha, et al., 2008). Baklada ve soğanda yapılan çalışmalarda da; su fazlalığı sonucunda toplam klorofil miktarlarında azalma gözlenmiştir (Yiu, et al., 2008). Diğer taraftan mısır bitkisinin yapraklarının klorofil içeriğinde su fazlalığı koşullarında azalma görüldüğü bildirilmiştir (Rao, et al., 2002). Taze fasulye de yapılan su fazlalığı çalışmasında da toplam klorofil miktarında azalma tespit edilmiştir (Singer, et al., 1996). Bu bağlamda elde edilen veriler literatürle uyumludur.

Değerlendirmeye alınan 5 taze fasulye genotipinin kök ve yapraklarındaki toplam şeker miktarına su fazlalığının önemli bir etkisi olmamıştır. Beyaz Fasulye, Boncuk Sırık ve Sırık genotiplerinde toplam şeker miktarı artarken, Kökez ve Oturak genotiplerinde azalmıştır. Yapraklarda ise Boncuk Sırık ve Kökez genotiplerinde

azalmış, Beyaz Fasulye ve Sırık genotiplerinde ise çok az artmıştır. Diğer taraftan su fazlalığı sonucu yapraklardaki toplam şeker miktarının istatistiki olarak önemli olmamakla birlikte azaldığı tespit edilmiştir. Garcia-Sanchez, et al. (2007) tarafından mandarin anaçlarında yapılan bir çalışmada benzer olarak *Cleopatra* mandarin anacında su fazlalığı uygulamasının yaprak şeker miktarını düşürdüğü belirlenmiştir. Genotipler içerisinde toplam şeker miktarları bakımından belirgin bir fark görülmemiştir. Börülcede yapılan bir çalışmada ise su fazlalığının kök ve yapraklarda glikoz ve sakaroz miktarını arttırdığı, buna karşılık polisakkarit miktarını ise azalttığı saptanmıştır (Alla, et al., 2001).

Denemeden elde edilen MDA sonuçlarına göre, su fazlalığı uygulaması ile birlikte bitkinin köklerindeki MDA miktarında artış olsa da istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Diğer taraftan, su fazlalığı sonucu bitkinin yapraklarındaki MDA oluşumundaki azalma belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Su fazlalığına hassas ve toleranslı mısır genotiplerinde yapılan bir çalışmada ise hassas genotipte su fazlalığı sonucu kök ve yapraklarda MDA oluşumunda artış olduğu, toleranslı genotipte ise kök ve yaprak MDA miktarının değişmediği saptanmıştır (Tang, et al., 2010). MDA içeriği lipid peroksidasyonunun bir ürünü olup oksidatif zararlanmanın bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada elde edilen veriler, su fazlalığı uygulamalarının bitkinin köklerinde ve yapraklarında MDA miktarında farklı sonuçlar doğurduğunu göstermektedir.

İyon sızıntısı testi ile belirlenen zararlanma oranı sonuçlarına göre genotiplerin kök ve yaprakları uygulamalara göre farklı sonuçlar vermiştir. Kök bölgesinde Beyaz Fasulyede en az zararlanma gözlenirken, en yüksek zararlanma Kökez ve Sırık genotiplerinde belirlenmiştir. Genotiplerin yaprak kısımlarında ise en yüksek zararlanma Beyaz Fasulye, en az zararlanma ise Kökez genotipinde olmuştur. Yapılan çalışmalarda bitkilerin serbest suya gereksinim duymalarına rağmen, kök çevresinde suyun aşırı bulunması durumunda toprak ve atmosfer arasındaki oksijen ve diğer gazların geçişi engellendiği için zararlı hatta ölümcül sonuçların ortaya çıkabileceğine dikkat çekilmiştir (Horchani, et al., 2009).

Tolerans, stres altındaki bitkilerde görülen bir durumdur. Su fazlalığına tolerans, bitkinin su fazlalığı sonucunda oluşan oksijensiz ortamda yaşamını devam ettirip, büyümesine devam etmesi olarak tanımlanabilir. Yapılan çalışmalar, yüksek fotosentetik oranların su fazlalığı stresi karşısında bitkinin tolerans faktörlerinden olduğuna dikkat çekmişlerdir (Nabben et al., 1999). Samad, vd. (2001) Cao, vd. (1995)'in ; bazı çalışmaların su fazlalığına toleransın son derece kalıtsal bir özellik olduğunu ileri sürdüklerini bildirmişlerdir. Bu anlamda su fazlalığı stresine karşı daha toleranslı ve farklı genlerin belirlenmesi amacıyla mısır bitkisinde bazı araştırmalar yapılmıştır (Subbaiah and Sachs, 2003). Bazı bitki türleri ise stres koşullarına, geniş karakteristik özelliklerinden dolayı dayanabilmektedir. 5 farklı taze fasulye genotipinde yapılan bu çalışmada, incelenen tüm parametreler göz önüne alındığında genotiplerin toprak altı ve toprak üstü organlarının, su fazlalığına tepkileri farklı yönde olmuştur. Kökez ve Sırık genotiplerinin kökleri su fazlalığı koşullarına en fazla hassasiyet gösteren genotipler olmuştur. Buna karşılık Boncuk Sırık'ın ise kök bölgesi su fazlalığına en toleranslı genotip olduğu saptanmıştır. Genotiplerin yapraklarında su fazlalığı uygulamalarının etkileri incelendiğinde ise en fazla hassasiyet Sırık genotipinde elde edilirken, Boncuk Sırık ise en toleranslı genotip olmuştur.

Taze fasulyenin su fazlalığı koşulları altındaki tolerans noktaları ile ilgili literatür bilgisi mevcut olmadığı için gelecekte taze fasulyede aşırı su koşullarına toleransı yüksek çeşitlerin ıslahı için var olan genotiplerin toleransının belirlenmesi verimli çeşitler elde edilmesinde büyük önem taşımaktadır. Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde bazı taze fasulye genotiplerinin su fazlalığına toleranslarının belirlenmesinde yaprak ve kök kuru ağırlığı, yaprak alanı, toplam klorofil ve zararlanma oranının etkili olduğu belirlenmiştir. Bu verilere göre değerlendirmeye alınan 5 taze fasulye genotipi arasında, Boncuk Sırık genotipinin su fazlalığına göreceli olarak tolerant olduğu, Sırık ve Kökez genotiplerinin ise nispeten daha hassas genotipler olduğu ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, bu çalışma taze fasulyede su fazlalığına toleransın genotipler bazında araştırıldığı bir çalışma olması nedeniyle özgündür. Ancak genotip sayısı ve uygulama süresinin arttırılarak daha kapsamlı çalışmalar yapılması su fazlalığına toleranslı taze fasulye çeşitlerinin ıslah edilebilmesi bakımından gereklidir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdelbagi M., Evangelina S. Georgina V.Vergara and Mackll. 2009. Mechanisms associated with tolerance to flooding during germination and early seedling growth in rice (*Oryza sativa*). *Annals of Botany* 103: 197-209.
- Abir U. Igamberdiev, Kevin Baron, Nathalie Manac'H – Little, Maria Stoimenova and Robert. Hill. 2005. The haemoglobin / nitric oxide cycle involvement in flooding stres and effects on hormone signalling. *Annals of Botany* 96: 557-564.
- Alla Mamdouh, M.,Younis Mahmoud, E., El-shihaby Omar A., El-Bastawisy 2001. Effect of kinetin on photosynthetic activity and carbohydrate content in waterlogged or seawater treated *Vigna sinensis* and *Zea mays*. *Online Journal of Biological Sciences* (10): 918-924.
- Anonymous 2010. FAOSTAT\_ Agricultural Statistic 2010. <http://www.FAO.org>.
- Arora, R., Pitchay, D.S., Bearce, B.C. 1998. Water-stress-induced heat tolerance in Geranium leaf tissues: A possible linkage through stres proteins? *Physiologia Plantarum*, 103:24-34.
- Ashraf, M. and Rehman, H. 1999. Interactive effects of nitrate and long-term waterlogging on growth, water relations, and gaseous exchange properties of maize (*Zea mays* L.). *Plant Science*, 144:35-43.
- Bayuelo-Jimenez, J.S., Debouck, D.G. and Lynch, J.P. 2002. Salinity tolerance in *Phaseolus* species during early vegetative growth. *Crop Science*, 42: 2184 – 2192.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Beltagi, M.S, Ismail, M.A, Mohamed, F.H. 2006. Induced salt tolerance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by gamma irradiation. Pakistan Journal of Biological Sciences 9 (6): 1143 – 1148.
- Blokhina O., Virolainen E. and Fagerstedt K.V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a Review. Annals of Botany 91: 179-194.
- Bradford, K.J. 1983. Effects of soil flooding on leaf gas exchange of tomato plants. Plant Physiol., 73, 475-479.
- Bradford, K.J. and Hsiao, T.C. 1982. Stomatal behavior and water relations of waterlogged tomato plants. Plant Physiology, 70: 1508-1513.
- Dat, J.F., Capelli, N., Folzer, H., Bourgeade, P. and Badot, P.M. 2004. Sensing and signalling during plant flooding. Plant Physiology and Biochemistry, 42: 273-282.
- Dat, J., S. Vandenabeele, E. Vranova, M.V. Montagu, D. Inze and Breusegem, F.V. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Science, 57: 779-795.
- Dionisio-Sese, F.L. and Tobita, S. 1998. antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. Plant Science 135: 1-9.
- Duranti, M. and Gius, C. 1997. Legume seeds: protein content and nutritional value. Field Crop Research, 53:31-45.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Else, M.A., Tiekstra, A.E., Croker, S.J., Davies, W.J. and Jackson, M.B. 1996. Stomatal closure in flooded tomato plants involves abscisic acid and a chemically unidentified anti-transpirant in xylem sap. *Plant Physiol*, 112: 239-247.
- Else, M.A. Janowiak, F. , Atkinson, C.J. and Jackson, M.B.2009. Root signals and stomatal closure in relation to photosynthesis, chlorophyll a fluorescence adventitious rooting of flooded tomato plants. *Annals of Botany* 103: 313-32.
- Garcia- Sanchez, F., Syvertsen, J.P., Gimeno, V., Botia, P. and Perez–Perez, J.G.. 2007. Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water–use efficiency. *Physiologia Plantarum*, 130: 532-542.
- Horchani F., Khayati H., Raymond P., Brouquisse R. , S.Aschi-Smiti. 2009. Contrasted effects of prolonged root hypoxia on tomato root and fruit metabolism. *J.Agronomy and Crop Science* 195: 313-318.
- Insausti, P., Grimoldi, A.A., Chaneton, E.J. and Vasselati,V. 2001. Flooding induces a suite of adaptive plastic responses in the grass *Paspalum dilatatum*. *New Phytologist*, 152:291-299.
- Jackson, M.B., Hall, K.C. 1987. Early stomatal closure in waterlogged pea plants is mediated by abscisic acid in the absence of foliar water deficits. *Plant, Cell and Environment*, 10: 121-130.
- Jackson, M.B, Ishizawa, K.. and Ito, O. 2009. Evolution and mechanisms of plant tolerance to flooding stress. *Annals of Botany* 103(2): 137-142.
- Kato-Noguchi, H. and Saito, H. 2000. Induction of alcohol dehydrogenase in lettuce seedlings by flooding stress. *Biologia Plantarum* 43 (2) : 217 – 220.



**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Khadri, M., Tejera, N.A. and Lluch, C. 2006. Alleviation of salt stress in common bean (*Phaseolus vulgaris*) by exogenous abscisic acid supply. *J. Plant Growth Regulation*, 25: 110-119.
- Kozłowski, T.T., 1984. Plant responses to flooding of soil. *Bioscience*, 34 (3): 162-167.
- Kozłowski T.T., 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph* No.1.
- Liao, C.T. and Lin, C.H. 2001. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. *Proc.Natl.Sci.Counc. Roc(B)*,25 (3):148-157.
- Mensah, J.K., Obadoni, B.O., Eruotor, P.G. and Onome-Irieguna, F. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 5(13):1249-1253.
- Moran, R. and Porath, D. 1980. Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-Dimethylformamide. *Plant Physiology*, 65(3):478-479.
- Morgan, P.W. and Drew, M.C. 1997. Ethylene and plant response to stress. *Physiologia Plantarum* 100:620-630.
- Nabben R.H.M., Blom C.W.P.M., Voesenek L.A.C.J. 1999. Resistance to complete submergence in rumex species with different life histories the influence of Plant Size and Light. *New Phytol*,144, 313-321.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Nakayama, N. and Komatsu, S. 2008. Water uptake by seeds in yellow-seeded soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars with contrasting imbibition behaviors. *Plant Production Science* vol.11: 415-422.
- Ortuno, M.F., Alarcon, J.J., Nicolas, E. and Torrecillas A. 2007. Water status indicators of lemon trees in response to flooding and recovery. *Biologia Plantarum* 51 (2): 292-296.
- Pezeshki, S.R. 2001. Wetland plant responses to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany*, 46: 299-312.
- Pociecha, E., Koscielniak, J. and Filek, W. 2008. Effect of root flooding and stage of development on the growth and photosynthesis of field bean (*Vicia faba L. minor*). *Acta Physiol Plant* 30: 529-535.
- Rajinder, S.D., Dhinsa, P.P. and Thorpe, T.A. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, 32 (126) :93-101.
- Rao, R., Li, Y., Bryan, H.H., Reed, S.T and D'Ambrosio, F. 2002. Assessment of foliar sprays to alleviate flooding injury in corn. (*Zea Mays L.*) *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 115 :208-211.
- Sairam, R.K, Dharmar, K., Chinnusamy, V. and Meena, R.C. 2008. Waterlogging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mung bean (*Vigna radiata*). *Journal of Plant Physiology* 166. p:602-616.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1992. Plant Physiology. 4th edition, Wadsworth Publishing Co: Belmont, California, pp 682.
- Samad, A., Meisner, C.A., Saifuzzaman, M. and Van Ginkel, M. 2001. Waterlogging tolerance. (Editors: Reynolds M.P., Ortiz J.I. – Monasterio, A.McNab. Application of Physiology in Wheat Breeding. Waterlogging Tolerance). p:136-144.
- Schluter, U. and Crawford, R. M.M. 2001. Long term anoxia tolerance in leaves of *Acorus calamus* L. and *Iris pseudacorus* L. Journal of Experimental Botany, Vol.52, No.364, p:2213-2225
- Singer, S.M., Helmy, Y.I., Karas, A.N. and Abou- Hadid, A.F.1996. Growth and development of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under water- stress. Cahiers Options Mediterraneennes, Vol:31, 241-250.
- Striker G. G., Insousti, P. and Grimoldi, A. A. 2007. Effects of flooding at early summer on plant water relations of *Lotus tenuis*. Lotus Newsletter, 37 (1): 1-7.
- Subbaiah, C.C. and Sachs, M.M.. 2003. Molecular and cellular adaptations of maize to flooding stress. Annals of Botany 90: 119-127.
- Taiz L. and Zeiger E. 2006. Plant Physiology, Fourth Edition, Sinauer Associates, Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts, pp 792.
- Takele, A. and McDavid, C.R. 1995. The response of pigeonpea cultivars to short durations of waterlogging. African Crop Science Journal, 3(1), 51-58.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Tang, B., Xu, S-Z., Zou, X-L, Zheng, Y-L and Qiu, F-Z. 2010. Changes in antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of waterlogging-tolerant and waterlogging-sensitive maize genotypes at seedling stage. *Agricultural Sciences in China*, 9(5): 651-661.
- Turhan, E. 2002. Farklı Ortamlarda Yetiştirilen Çileklerin Tuza Dayanıklılık Fizyolojileri Üzerine Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (Doktora Tezi), Bursa, 195 s.
- Xiao, Y., Jie, Z., Wang, M., Lin, G., Wang, W. 2009. Leaf and stem anatomical responses to periodical waterlogging in simulated tidal floods in mangrove *Avicennia marina* seedlings. *Aquatic Botany*, 91: 231-237.
- Visser, E.J.W., Voeselek L.A.C.J., Vartapetian B.B., Jackson M.B. 2003. Flooding and plant growth. *Annals of Botany* 91: 107-109.
- Vural H., Eşiyok D., Duman İ. 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 440s.
- Walter Susanne, Heuberger Heidi, Schnitzler Willfried. 2004. Sensibility of different vegetables to oxygen deficiency and aeration with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in the rhizosphere. *Acta Hort.* 659.
- Wample, R.L. and Davis, R.W. 1983. Effect of flooding on starch accumulation in chloroplasts of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Physiology*, 73:195-198.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Woodstock, L.W. and Taylorson, R.B. 1981. Soaking injury and its reversal with polyethylene glycol in relation to respiratory metabolism in high and low vigor soybean seeds. *Physiologia Plantarum*, 53: 263-268.
- Yemm, E.W. and Willis, A.J. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal*, 57:508-514.
- Yetişir H., Çalışkan M., Soylu,S. ve Sakar.,M. 2006. Some physiological and growth responses of watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai] grafted onto *Lagenaria Siceraria* to flooding. *Environmental and Experimental Botany* 58: 1-8.
- Yiu, J.C., Liu, C.W, Kuo, C.T., Tseng, M.J., Lai, Y.S. and Lai, W.J. 2008. Changes in antioxidant properties and their relationship to paclobutrazol-induced flooding tolerance in Welsh Onion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 1222-1230.
- Yoshiro, M., Masanon, M. Masohira, F., Tadashi, T. And Byron, K. .2005. Identification of QTL controlling adventitious root formation during flooding conditions in teasinte (*zea mays* ssp.) seedlings. *Euphytica* 142:33-42.

## EKLER

## Ek 1. Yaprak Kuru Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: g

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,026(a)	9	,003	11,011	,000
Kesişme	,269	1	,269	1041,638	,000
Uygulama	3,09E-006	1	3,09E-006	,012	,914
Genotip	,025	4	,006	24,196	,000
Uygulama * Genotip	,001	4	,000	,572	,686
Hata	,005	20	,000		
Toplam	,300	30			
Düzeltilmiş Toplam	,031	29			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

## Ek 2.Kök Kuru Ağırlığı İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: g

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	,061(a)	9	,007	60,544	,000
Kesişme	,241	1	,241	2137,189	,000
Uygulama	,001	1	,001	12,042	,003
Genotip	,056	4	,014	123,871	,000
Uygulama * Genotip	,001	4	,000	1,583	,227
Hata	,002	16	,000		
Toplam	,299	26			
Düzeltilmiş Toplam	,063	25			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

### Ek 3. Yaprak Alanı İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: cm<sup>2</sup>

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	947,396(a)	9	105,266	2,620	,035
Kesişme	50780,473	1	50780,473	1263,913	,000
Uygulama	176,629	1	176,629	4,396	,049
Genotip	648,830	4	162,207	4,037	,015
Uygulama * Genotip	121,937	4	30,484	,759	,564
Hata	803,544	20	40,177		
Toplam	52531,413	30			
Düzeltilmiş Toplam	1750,939	29			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

### Ek.4 Yaprak Oransal Su Kapsamı İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: % YOSK

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	324,893(a)	9	36,099	17,960	,000
Kesişme	218587,428	1	218587,428	108750,4	,000
Uygulama	3,316	1	3,316	1,650	,215
Genotip	229,096	4	57,274	28,495	,000
Uygulama * Genotip	97,735	4	24,434	12,156	,000
Hata	36,180	18	2,010		
Toplam	223201,521	28			
Düzeltilmiş Toplam	361,073	27			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

### Ek.5 Turgor Kaybı İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: %

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	267,452(a)	9	29,717	17,549	,000
Kesişme	2507,761	1	2507,761	1480,939	,000
Uygulama	2,912	1	2,912	1,720	,206
Genotip	188,564	4	47,141	27,839	,000
Uygulama * Genotip	81,211	4	20,303	11,990	,000
Hata	30,480	18	1,693		
Toplam	3032,138	28			
Düzeltilmiş Toplam	297,932	27			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

### Ek 6. Toplam Klorofil Miktarının İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: mg/g TA

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	1,446(a)	9	,161	6,363	,000
Kesişme	118,492	1	118,492	4691,023	,000
Uygulama	,283	1	,283	11,185	,003
Genotip	1,031	4	,258	10,201	,000
Uygulama * Genotip	,290	4	,073	2,871	,051
Hata	,480	19	,025		
Toplam	124,340	29			
Düzeltilmiş Toplam	1,926	28			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)



### Ek 7. Kök Toplam Şeker Miktarının İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: mg/g TA

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	61,150(a)	9	6,794	4,017	,005
Kesişme	5974,017	1	5974,017	3532,252	,000
Uygulama	18,239	4	4,560	2,696	,062
Genotip	2,389	1	2,389	1,413	,249
Uygulama * Genotip	42,948	4	10,737	6,348	,002
Hata	32,134	19	1,691		
Toplam	6075,895	29			
Düzeltilmiş Toplam	93,284	28			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

### Ek 8. Yaprak Toplam Şeker Miktarının İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: mg/g taze ağırlık

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	2,338 (a)	9	,260	25,736	,000
Kesişme	23,739	1	23,739	2352,289	,000
Uygulama	,092	1	,092	9,092	,007
Genotip	2,058	4	,515	50,988	,000
Uygulama * Genotip	,220	4	,055	5,457	,005
Hata	,182	18	,010		
Toplam	25,733	28			
Düzeltilmiş Toplam	2,519	27			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

### Ek 9. Kök Lipid Peroksidasyonu İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: nmol/g taze ağırlık

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	98496,890(a)	9	10944,099	20,935	,000
Kesişme	917619,388	1	917619,388	1755,308	,000
Genotip	79359,580	1	19839,895	37,952	,000
Uygulama	4028,108	4	4028,108	7,705	,012
Uygulama * Genotip	6165,104	4	1541,276	2,948	,049
Hata	9409,828	18	522,768		
Toplam	1018115,061	28			
Düzeltilmiş Toplam	107906,718	27			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)

### Ek 10. Yaprak Lipid Peroksidasyonu İnteraksiyon Tablosu

Bağımlı Değişken: nmol/g taze ağırlık

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler Toplamı	F	Ö.D
Düzeltilmiş Model	49637,381(a)	9	5515,265	50,574	,000
Kesişme	215582,803	1	215582,803	1976,846	,000
Genotip	36910,474	1	9227,618	84,615	,000
Uygulama	3416,253	4	3416,253	31,326	,000
Uygulama * Genotip	13318,384	4	3329,596	30,532	,000
Hata	1635,809	15	109,054		
Toplam	254048,582	25			
Düzeltilmiş Toplam	51273,190	24			

Ö.D: Önem Derecesi (%5)