T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI ARPA (*Hordeum vulgare* L.) GENOTİPLERİNDE KURAĞA DAYANIM YÖNÜNDEN TRANSPİRASYON HIZI VE SU KULLANIM ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hasan DOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Haziran-2018

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Hasan DOĞAN tarafından yapılan **"Bazı Arpa *(Hordeum vulgare* L.) Genotiplerinde Kurağa Dayanım Yönünden Transpirasyon Hızı ve Su Kullanım Etkinliklerinin Belirlenmesi"** konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Tarla Bitkileri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Cuma AKINCI

Üye (Danışman) : Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM

Üye : Dr.Öğr. Üyesi Ferhat KIZILGEÇİ

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 28/06/2018

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../2018

Doç. Dr. Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmam boyunca benden bilimsel katkı ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM'a sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmada yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Biyolog Fatma BAŞDEMİR, Zir. Yük. Müh. Remzi ÖZKAN ve Zir. Yük. Müh. Sinan BAYRAM'a, ayrıca yoğun çalışma zamanlarımda bana destek olan aileme teşekkür ederim. Aynı zamanda bu çalışmanın yürütülmesi amacıyla kaynak desteğinde bulunan DÜBAP'a teşekkür ederim.

Bu tez Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (DÜBAP) tarafından ZİRAAT.17.03 proje koduyla desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

		Sayfa
TEŞEKKÜR		I
İÇİNDEKİLER		II
ÖZET		IV
ABSTRACT		V
ÇİZELGE LİSTESİ		VI
ŞEKİL LİSTESİ		VII
KISALTMA VE SİMGELER		VIII
1.	**GİRİŞ**	1
2.	**KAYNAK ÖZETLERİ**	7
3.	**MATERYAL ve METOT**	17
3.1.	Materyal	17
3.1.1.	Araştırmada Kullanılan Sera İklim Koşulları ve Toprak Özelliği	17
3.2.	Metot	18
3.2.1.	Kurağa Maruz Bırakma ve Su Bütçesi Ölçümü Denemesi	18
3.2.1.1.	Transpire Edilebilen Toprak Suyu Kısmı	20
3.2.1.2.	Transpirasyon Etkinliği	21
3.2.1.3.	Biyokütle	21
3.2.1.4.	Klorofil İçeriği	22
3.2.2.	Buhar Basıncı Açıklığı Denemesi	22
3.2.2.1.	Transpirasyon Hızı	23
3.2.3.	Verim ve Verim Öğelerinin Değerlendirilmesi	24
3.2.3.1.	Başaklanma Gün Sayısı	24
3.2.3.2.	Bitki Boyu	24
3.2.3.3.	Başak Uzunluğu	24
3.2.3.4.	Başakta Tane Sayısı	24

3.2.3.5. Başakta Tane Verimi…… 24
3.2.3.6. Bin Tane Ağırlığı..……... 24
3.2.4. İstatistiki Analiz……... 25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA…….. 27
4.1. Kurağa Maruz Bırakma ve Su Bütçesi Ölçümü Denemesi……..... 27
4.1.1. Su Stresi Koşullarında TTSM Eşik Değerlerindeki Değişim…….. 27
4.1.2. Transpirasyon Etkinliği…… 32
4.1.3. Biyokütle…….. 34
4.1.4. Klorofil İçeriği……. 36
4.2. Buhar Basıncı Açıklığı Denemesi…… 39
4.2.1. Transpirasyon Hızı……... 39
4.3. Verim ve Verim Öğeleri Denemesi……. 45
4.3.1. Başaklanma Gün Sayısı…… 45
4.3.2. Bitki Boyu…… 46
4.3.3. Başak Uzunluğu……... 47
4.3.4. Başakta Tane Sayısı…… 48
4.3.5. Başak Verimi…… 49
4.3.6. Bin Tane Ağırlığı..……... 50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER…….…….…….... 53
5.1. Kurağa Maruz Bırakma ve Su Bütçesi Ölçümü Denemesi……..... 53
5.2. Buhar Basıncı Açıklığı Denemesi…… 54
5.3. Verim ve Verim Öğeleri Denemesi……..... 54
6. KAYNAKLAR……..... 57
ÖZGEÇMİŞ……... 65

ÖZET

BAZI ARPA (*Hordeum vulgare* L.) GENOTİPLERİNDE KURAĞA DAYANIM YÖNÜNDEN TRANSPİRASYON HIZI VE SU KULLANIM ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan DOĞAN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

2018

Arpa direkt olarak insan beslenmesinde kullanılmasa da hayvan besleme açısından son derece önemli bir kültür bitkisidir. Kurak ve yarı kurak alanlarda su stresine maruz kalan arpada verimde önemli düşüşler olmaktadır. Bu yüzden kuraklığa toleranslı arpa genotiplerinin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Son dönemde kuraklıkla ilgili çalışmalarda bitki transpirasyonu ve transpirasyonu düzenleyen mekanizmalar araştırıcılar tarafından yaygın bir şekilde ele alınmaktadır. Bu yöntemlerden biri genellikle gün ortasında oluşan yüksek buhar basıncı açıklığı (BBA) periyodunda bitkinin transpirasyon hızını (TH) düşürerek suyun muhafaza edilmesidir. Bir diğer strateji ise kuraklığa maruz bırakılan genotiplerin toprakta transpirasyon için kullanılabilecek belirli bir su miktarı (TTSM) eşiğinde transpirasyon kısıtlaması yoluyla toprak suyunu muhafaza edilmesine dayanan yöntemdir.

Bu araştırma, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü serası ve bitki büyütme odasında birbirinden bağımsız üç deneme seti şeklinde yürütülmüştür. Araştırmada altı tescilli arpa çeşidi ve bir adet ileri arpa hattı kullanılmıştır. Kuraklığa maruz bırakma ve su bütçesi ölçümü denemesinde kademeli olarak arttırılan kuraklık, buhar basıncı açıklığı denemesinde ise hem kuraklık hem de sıcaklık artışı altında genotiplerin TH değişimi ve TH'nin eğri kırılma noktasına bağlı olarak farklı kuraklık modellerine genotiplerin uygunluğu araştırılmıştır.

Araştırmada kullanılan dört genotipte artan BBA'ya 2.38 kPa'dan 2.50 kPa'a kadar artan transpirasyon tepkisi ile bir kırılma noktası oluşurken, diğer üç genotipte BBA'nın artmasıyla TH doğrusal bir artış göstermiştir. Bu genotiplerde, transpire edilebilir toprak suyunun giderek azalması süresince geriye kalan kısmına verilen transpirasyon tepkisi genotipler arasında değişim göstermiştir. Genotiplerin TH tepkilerinde 0.32 ile 0.53 arasında değişen kırılma noktası ile önemli bir genetik değişkenlik gözlenmiştir. Transpirasyon etkinliği değerleri 2.33-4.26; biyokütle üretim miktarları 29.7-37.6 g; klorofil içeriği değerleri 42.46-49.88; başaklanma gün sayısı 116.5-138.8 gün; bitki boyu 91.3-127.5 cm; başak uzunluğu 5.1-11.0 cm; başakta tane sayısı 21.8-35.4 adet; başak verimi 0.95-1.80 g; bin tane ağırlığı 35.6-50.1 g arasında değişim göstermiştir. Araştırma sonucunda; transpirasyon etkinliği ve başak verimi bakımından Kendal; başaklanma gün sayısı, biyokütle üretimi ve başak boyu bakımından Barış; klorofil içeriği ve bin tane ağırlığı bakımından Hevsel; bitki boyu açısından Önder; başakta tane sayısı bakımından Altıkat öne çıkan genotipler olarak belirlenmiştir. TTSM ve BBA denemesinden elde edilen erken kırılma verilerine göre Kendal ve Hevsel çeşitlerinin diğer genotiplere oranla kuraklığa dayanımlarının daha iyi olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Arpa, Kuraklık, Transpirasyon hızı, Transpirasyon etkinliği, BBA, TTSM

ABSTRACT

DETERMINATION OF TRANSPIRATION RATE AND WATER USE EFFICIENCY IN TERMS OF DROUGHT RESISTANCE IN SOME BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) GENOTYPES

MASTER THESIS

Hasan DOĞAN

DEPARTMENT OF FIELD CROPS
INSTITUTE OF SCIENCES
DICLE UNIVERSITY

2018

Although barley is not used directly in human nutrition, it is a very important culture plant in animal nutrition. However, it is exposed to water stress in the arid and semi-arid areas, and the yield is also significantly reduced by drought. Therefore the development of drought-tolerant barley genotypes is of great importance. Mechanisms regulating plant transpiration and physiological features related to transpiration have been used commonly by researchers in recent drought studies. One of these methods is to preserve the water by reducing the transpiration rate (TR) of the plant in the high vapor pressure deficit (VPD) period, which usually occurs in the middle of the day. Another strategy is that the genotypes maintain soil water through transpiration restriction at a certain FTSW threshold before the drought period begins.

This research was carried out as three independent experimental sets in greenhouse and growth chamber in Faculty of Agriculture of Dicle University. Six registered barley varieties and one barley line were used in the study as a plant material. The presence of phenotypic correlation between parameters characterizing the size and TR sensitivity of the genetic variability of sensitivity to TR was investigated under the effect of gradually increasing drought in the VPD and FTSW experiments.

In the four genotypes, used in the study, there was a break point with increased VPD, transpiration response ranging from 2.38 - 2.50 kPa, while TR increased linearly with increasing VPD in the other three genotypes. In these genotypes, the transpiration response given to a gradually decreasing fraction of transpirable soil water (FTSW) varies between genotypes with breakpoints ranging from 0.32 to 0.53. The range of the some trait changed from 2.33-4.26 for transpiration efficiency; 29.7 to 37.6 g for biomass produced; 42.46-49.88 for chlorophyll content values; 116.5-138.8 for heading day; 91.3-127.5 cm for plant height; 5.1-11.0 cm for spike length; 21.8-35.4 for the number of grains in the spike ; 0.95-1.80 g for spike yield; 35.6-50.1 g for thousand grain weight. As a result of the research; some genotypes showed superiority over other genotypes. The classification of genotypes according to traits examined is as follows; Kendal for transpiration efficiency and spike yield; Barış for days of heading, biomass production and spike height; Hevsel for chlorophyll content and one thousand grains; Önder for plant height; Altıkat for the number of grain in the spike. Kendal and Hevsel varieties had better resistance to drought than other genotypes according to the results obtained from FTSW and VPD experiments.

Key Words: Barley, Drought, Transpiration rate, Transpiration efficiency, VPD, FTSW

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 3.1.	Araştırmada kullanılan genotiplere ait bilgiler	17
Çizelge 3.2.	Araştırmada kullanılan seraya ait sıcaklık ve nem değerleri	17
Çizelge 3.3.	Araştırmada kullanılan toprak özellikleri	18
Çizelge 3.4.	Büyütme odası sıcaklık ve nispi nem değerleri	23
Çizelge 4.1.	TTSM-NTH regresyon analiz sonuçları	30
Çizelge 4.2.	Transpirasyon etkinliğine ait varyans analiz sonuçları	32
Çizelge 4.3.	Transpirasyon etkinliğine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar	33
Çizelge 4.4.	Biyokütleye ait varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.5.	Biyokütleye ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar	35
Çizelge 4.6.	Klorofil içeriğine ait varyans analiz sonuçları	36
Çizelge 4.7.	Klorofil içeriğine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar	37
Çizelge 4.8.	Toplam yaprak alanı ve transpirasyon hızları	39
Çizelge 4.9.	BBA denemesi regresyon analiz sonuçları	41
Çizelge 4.10.	Başaklanma gün sayısına ait varyans analiz sonuçları	45
Çizelge 4.11.	Başaklanma gün sayısı, bitki boyu ve başak uzunluğuna ait ortalama değerler	45
Çizelge 4.12.	Bitki boyuna ait varyans analiz sonuçları	46
Çizelge 4.13.	Başak uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları	47
Çizelge 4.14.	Başakta tane sayısına ait varyans analiz sonuçları	48
Çizelge 4.15.	Başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı ve başak verimine ait ortalama değerler	49
Çizelge 4.16.	Başak verimine ait varyans analiz sonuçları	49
Çizelge 4.17.	Bin tane ağırlığına ait varyans analiz sonuçları	50

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 1.1.	DMİ tarafından SPI metodu ile yapılan 2017 yılı kuraklık değerlendirmesi	1
Şekil 1.2.	1970-2016 yılları arasında Türkiye Nisan ayı toplam yağış dağılımı	2
Şekil 3.1.	Toprağın saksılara doldurulması	19
Şekil 3.2.	Ekim öncesi sulama uygulaması	19
Şekil 3.3.	Çıkış yapmış genotipler	19
Şekil 3.4.	Çıkış yapmış genotipler	19
Şekil 3.5.	Genotiplerin kuraklık denemesine hazırlanması	20
Şekil 3.6.	TTSM denemesinde tartım işlemleri	20
Şekil 3.7.	Büyütme odasına alınmadan önce bitkilerden görüntü	22
Şekil 3.8.	Büyütme odasından görüntü	22
Şekil 4.1.	TTSM denemesinde transpirasyonla kaybedilen su miktarları	27
Şekil 4.2.	Toplam transpire edilebilir toprak suyu	28
Şekil 4.3.	NTH ve TTSM	29
Şekil 4.4.	$E1_{NTH}$ ve $TTSM_{KN}$ arasındaki korelasyon	30
Şekil 4.5.	TTSM kırılma noktası ve TE arasındaki ilişki	38
Şekil 4.6.	Yaprak alanı x transpirasyon ilişkisi	40
Şekil 4.7.	Artan TH x Yüksek BBA'da TH ilişkisi	40
Şekil 4.8.	Artan BBA' ya genotiplerin transpirasyon tepkisi	42
Şekil 4.9.	Genotipler-Özellikler arası ilişkinin biplot analiz yöntemiyle değerlendirilmesi	51

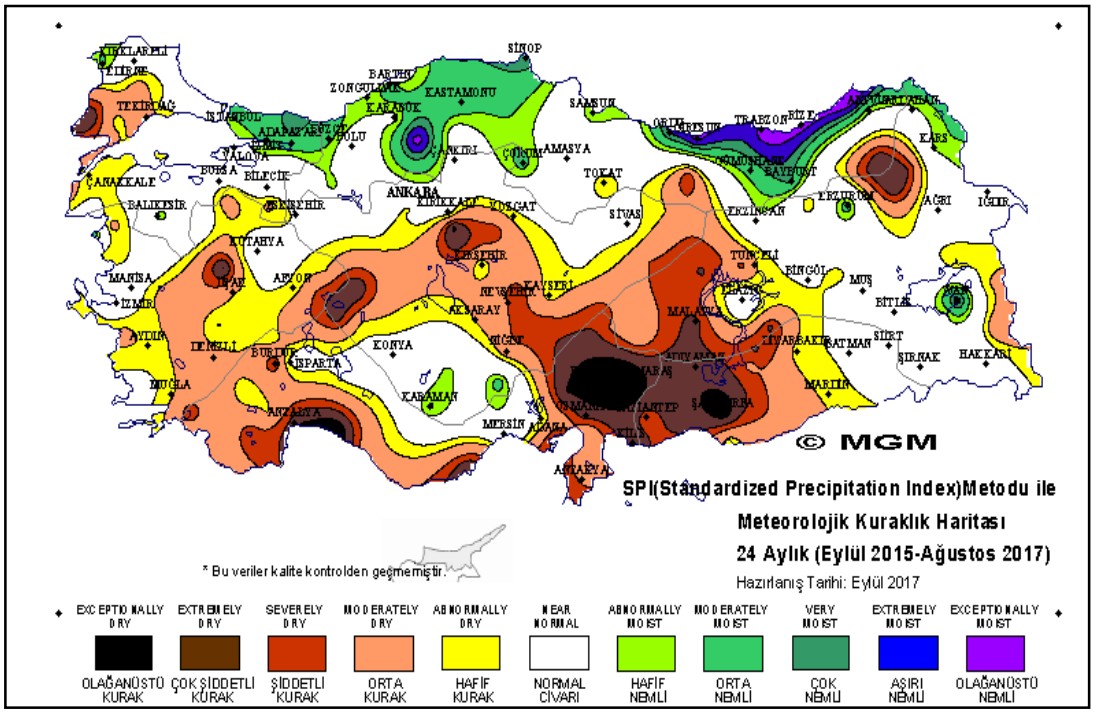
KISALTMALAR VE SİMGELER

AÖF	:	Asgari Önemli Fark
BBA	:	Buhar Basıncı Açıklığı
$CaCO_3$	:	Kalsiyum Karbonat
cm	:	Santimetre
da	:	Dekar
DBB	:	Doymuş Buhar Basıncı
DK	:	Değişim Katsayısı
ha	:	Hektar
İS	:	İyi Sulu
K	:	Potasyum
kg	:	Kilogram
KN	:	Kırılma Noktası
kPa	:	Kilo Paskal
mm	:	Milimetre
NN	:	Nispi Nem
NTH	:	Normalize Edilmiş Transpirasyon Hızı
P	:	Fosfor
pH	:	Toprağın asitlik-bazlık derecesi
SS	:	Su Stresli
T	:	Sıcaklık
t	:	Ton
TE	:	Transpirasyon Etkinliği
TH	:	Transpirasyon Hızı
TTSM	:	Toprakta Transpire Edilebilir Su Miktarı

1. GİRİŞ

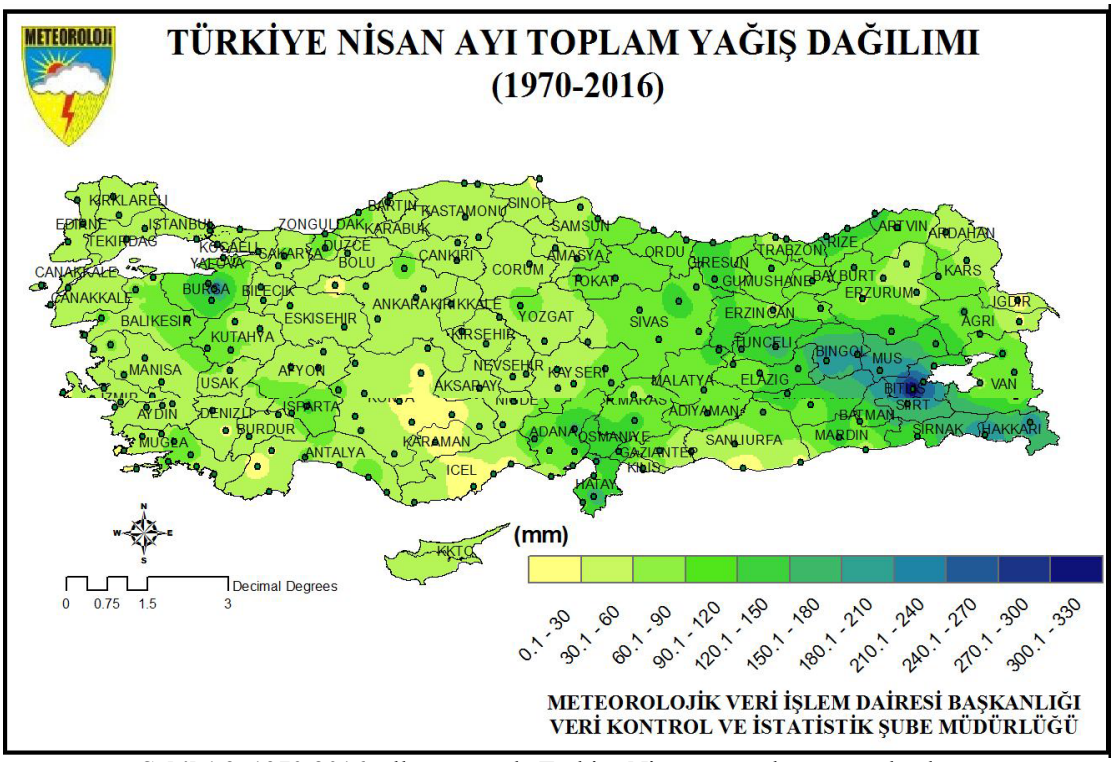
Arpa temel gıda ihtiyaçlarını karşılamak için insanlar tarafından ilk kültüre alınan ve yüksek adaptasyon kabiliyetine sahip bitkilerden biridir (Allarad ve ark. 1964). Ülkemizde serin iklim tahılları içerisinde 2.8 milyon ha ekim alanı ve 8 milyon ton üretimi ile buğdaydan sonra ikinci sırayı alan arpa daha çok hayvan yemi ve malt sanayinin ham maddesi olarak tüketilmektedir. Türkiye'de son 23 yılda arpa üretim alanları %19.1 oranında azalma gösterirken verimde diğer ürünlerde yakalanan verim artışı sağlanamamıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde üretim yaklaşık 1 milyon ton ve dekara verim 236 kg'dır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen arpanın yaklaşık %85'i Şanlıurfa, Diyarbakır ve Adıyaman illerinden sağlanmaktadır (TÜİK 2015).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi ülkemizde kuraklığın sorun olduğu bölgeler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Ayrıca bazı yıllarda ve arpanın özellikle yağış isteğinin fazla olduğu aylardaki miktarının yetersiz ve dağılımının düzensiz olması bitkilerde kuraklıkla ilgili bazı sorunlara yol açmaktadır. Bölgede tahılın yetişme periyodunda düşen yağış miktarı alt bölgeler ve yıllar bazında değişiklik göstermekte olup bu durum tahıl üretimini kısıtlayan etkenlerin başında gelmektedir.



Şekil 1.1. DMİ tarafından SPI metodu ile yapılan 2017 yılı kuraklık değerlendirmesi

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından SPI metodu (Standart Yağış İndeksi) ile yapılan 2015-2017 yıllarını kapsayan kuraklık değerlendirmesinde (Şekil 1.1) görüldüğü gibi yurdumuzda Orta Anadolu, Doğu Anadolu ve Ege Bölgesi'nde kuraklığın sorun olduğu görülmektedir. Ancak Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaşanan olağanüstü ve çok şiddetli kurak değerleri kuraklıktan en fazla etkilenen bölge olduğunu göstermektedir (DMİ 2017).



Şekil 1.2. 1970-2016 yılları arasında Türkiye Nisan ayı toplam yağış dağılımı

Yine DMİ tarafından 1970-2016 yılları arasını kapsayan Nisan ayına ait ortalama yağış dağılımı değerlendirmesi Şekil 1.2' de verilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde arpa bitkisi Nisan ayında sapa kalkma ve başaklanma dönemleri arasında bulunmaktadır. Bu dönemde bitkiler en fazla vejetatif gelişmeyi yaptığından yağış isteği de fazla olmaktadır. Şekil 1.2'deki yağış dağılımından da görülüğü gibi Nisan ayı ile ilgili değerlendirmelerde Güneydoğu Anadolu Bölgesi 01-60 mm'lik yağış dağılımı ile yurdumuzun kurak bölgeleri arasında bulunmaktadır. Dünyanın farklı coğrafyalarında olduğu gibi ülkemizdeki kuru tarım alanlarında da, düzensiz veya yetersiz yağışlar nedeniyle arpanın ekim dönemi ile çimlenme-çıkış ve fide gelişme dönemlerinde kuraklık yaşanabilmektedir. Nitekim 2007-2008 ürün yılında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaşanan kuraklık, bunun en yakın örneğidir.

Bütün bu veriler Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kuraklık ile ilgili çalışmaların dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bölgede tahıl tarımı için su ihtiyacının en fazla olduğu Nisan ve Mayıs aylarındaki yağışın azlığı ve yıllara göre yağış rejiminde görülen düzensizlikler diğer agronomik uygulamalara da bağlı olmak üzere çeşitlerde verim ve kalite düşüklüğüne sebep olmaktadır.

Dünyanın tahıl üretim bölgelerinin çoğunda özellikle Akdeniz iklim kuşağı üretim alanlarında topraktan buharlaşma yoluyla su kaybı özellikle tane doldurma döneminde ortalama yağış miktarını geçmektedir. Bu durum başaklanmadan sonra çiçeklenme ve tane dolum aşamalarında "terminal drought" olarak da bilinen son dönem kuraklığına yol açmaktadır (Reynolds ve ark. 2005). Son yıllarda bu alanlarda yetiştirilen arpalar bitki olgunluk dönemi öncesi gelişimini erken tamamlamasına yol açan ve tane verimini olumsuz etkileyen son dönem kuraklığına sıklıkla maruz kalmaktadır. Erken başaklanan ve olgunlaşan erkenci çeşitlerin ekilmesi, bitkinin yaklaşan son dönem kuraklığının etkilerinden kaçması, bitki gelişimi üzerine kuraklığın etkilerini azaltmak için bir şans olarak görülmektedir (Shakhatreh ve ark. 2001). Ancak tane dolumunu erken tamamlama şeklindeki erkencilik ve transpirasyon yüzeyini azaltmaya dönük dar yaprak alanı fotosentezin gerçekleştiği yüzey alanını sınırlandırması nedeniyle potansiyel tane verimini sınırlandırmaktadır (Çakmak 2010).

Bitki çeşitleri aynı türe ait olsalar bile kuraklığa toleransları açısından farklılıklar gösterebilmektedirler. Bu nedenle tarla bitkileri yetiştiriciliğinde kuraklığa toleransı daha yüksek olan çeşitlerin kullanılması her zaman daha avantajlıdır. Ancak tarımsal üretimde kullanılan tahıl çeşitlerinin önemli bir kısmı yıllardır ıslah edilmekte ve iyi derecede verimli olabilmeleri için en uygun koşullarda yetiştirilmektedirler. Bu yüzden üretimde kullanılan çeşitlerin çoğu kuraklığa dayanıklı değildir (Öztürk 2015). Ülkemizde yürütülmekte olan ıslah programlarında, kuraklığa toleranslı çeşit geliştirmede kullanılan tarla (tane verimi ve morfolojik karakterler gibi) ve laboratuvar (kalite özellikleri gibi) parametreleri ile belirli bir genetik ilerleme kaydedilmiştir. Fakat gelinen nokta, tatmin edici görülmemekte ve yeni yaklaşımların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Sade 2008).

Verim üzerine kuraklığın etkisinin belirlenmesinde sıklıkla göz ardı edilen değişken hava buhar basıncı açıklığıdır. Atmosferik kuraklık olarak da adlandırılan bu

değişken hava sıcaklığı ve nisbi nemin kombine etkilerini kapsar ve tüm bitki transpirasyon hızının ana itici gücüdür. Doğal ortamlarda hem sıcaklık hem de nisbi nem BBA' daki değişikliğe katkıda bulunur: Güneşli bir günde, sıcaklık arttıkça BBA artar ve nisbi nem gün boyunca aşamalı olarak azalır. Kuru ortamlarda, bu artış günün büyük bölümünde gerçekleşmekte; BBA değerleri birkaç saatte 3-4 kat artmaktadır (Monteith 1995).

Lobell ve ark. (2014), atmosferik BBA'nın şimdiki ve gelecekteki verimler üzerinde daha önce düşünülenden çok daha güçlü bir etkiye sahip olacağını bildirmişlerdir. Bu etki, her ikisi de yüksek BBA koşullarına neden olan sıcaklık ve kuraklık stresi altında, verimleri düşen buğday gibi birçok üründe sorun oluşturmaktadır.

Bitkinin kuraklığa tepkisinde birçok fizyolojik özellik rol oynamasına rağmen şu ana kadar sadece birkaç bitki özelliği kuraklığa tolerans için değerlendirilmiştir. Kuraklığa dayanıklılık için verime ve belirli fizyolojik parametrelere dayalı seleksiyon çalışmaları yapılmış ancak verim değişkenliğine neden olan genotip x çevre interaksiyonu ve incelenen özelliklerin değerlendirilmesi için kesin tarama tekniklerinin eksikliği yüzünden çabaların çoğu başarısız olmuştur. Bu nedenle, su eksikliğine toleransta taranacak bir fizyolojik özelliğin seçimi, seçilecek özelliğin doğası, çevreyle olan etkileşimi ve daha da önemlisi verime olan katkısı hakkında kapsamlı bir bilgi gerektirmektedir.

Bununla birlikte Sinclair (2017), muhafazakar toprak suyunun kullanımına yönelik iki spesifik özelliğe dikkat çekmektedir. Her iki özellik de, transpirasyon hızını sınırlandırmak için belirli çevresel koşullar altında kısmi stomatal kapanışa dayanmaktadır. Toprakta tutulan su, özellikle vejetatif ve generatif dönem boyunca devam eden fizyolojik faaliyet için ihtiyaç duyulan su miktarını karşılamak için kullanılır.

Bu stratejilerden biri genellikle gün ortasında oluşan yüksek BBA periyodunda bitkinin transpirasyon hızını düşürerek suyun muhafaza edilmesidir. Yaprak ve hava arasındaki BBA arttıkça stomalar genellikle kısmi kapanma etkisiyle cevap vermektedir. Çoğu durumlarda artan BBA ile stoma iletkenliği düşmektedir. Araştırıcılar, artan BBA etkisi altında kuraklığa hassas genotiplerin BBA artışına linear artışla transpirasyon

tepkisi verdiğini, tolerant genotiplerin ise belli bir BBA eşiğinden sonra kırılma noktası oluşturarak transpirasyon miktarını sınırlandırdıklarını bildirmişlerdir. Transpirasyon miktarı, transpirasyon hızı ve stoma iletkenliğinin kuraklık çalışmalarında güvenirlik derecesi yüksek fizyolojik parametreler olarak tanımlamışlardır (Zaman-Allah ve ark. 2011; Schoppach ve Sadok 2012).

Bir diğer strateji ise kuraklık dönemi başlamadan yani toprakta transpire edilebilir su miktarı azalmaya başlamadan önce genotiplerin belirli bir TTSM eşiğinde transpirasyon kısıtlaması yoluyla toprak suyunu muhafaza etmeleridir. Sinclair ve Muchow (2001), yağışa dayalı çevrelerde yüksek TTSM eşiğinde TH azalmasının verime olumlu katkılarının olduğunu bildirmişlerdir. Zaman-Allah ve ark. (2011), bazı nohut genotiplerinde sera koşullarında yaptıkları çalışmada TTSM kırılma eşik değerleri 0.35-0.65 arasında, dış ortamdaki bitkilerde 0.25-0.43 arasında değiştiğini ve su stresine dayanıklı genotiplerin daha yüksek TTSM eşik değerine sahip olduğunu belirlemiş ve TH kısıtlama özelliğinin kuraklığa tolerans genotip seçiminde güvenilir bir parametre olduğunu bildirmişlerdir.

BBA'ya verilen TH yanıtlarındaki mevcut genetik değişkenliğin kapsamı soya fasulyesi (Flethcer ve ark. 2007; Sadok ve Sinclair 2009), mısır (Gholipoor ve ark. 2013; Yang ve ark. 2012), darı (Kholová ve ark. 2010), yer fıstığı (Devi ve ark. 2010), sorgum (Gholipoor ve ark. 2010), buğday (Schoppach ve Sadok 2012) ve nohut (Zaman-Allah ve ark. 2011) gibi ürünlerde araştırılmış ancak şu ana kadar arpada bu konu üzerine herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretimi yapılan 7 arpa genotipinin sera koşullarında, kademeli olarak artan sıcaklık ve kuraklık etkisini temsil eden sırasıyla Buhar Basıncı Açıklığı ve Kurağa Maruz Bırakma denemelerinde transpirasyon hızı yönünden tepkilerini belirleyip, genotipik farklılıkları ortaya koymak ve farklı kuraklık senaryolarına uygunluğunu belirlemektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Boyd ve Walker (1972), buğdayda klorofil içeriğinin tespiti için 19 buğday genotipini kullanarak yaptıkları araştırmada; buğday genotipleri arasında klorofil içeriği bakımından genetik farklılık olduğunu ve kurak şartlar altında klorofil içeriği yüksek olan genotiplerin tane verimi bakımından öne çıktığını bildirmişlerdir.

Cecarelli ve ark. (1987), kuraklıkta tek bir özelliğin, bitkilerin strese tepkilerinin tahmin edilmesinde yeterli olmayacağını ve çok sayıda fizyolojik ve fenotipik özelliğin seleksiyon ölçütü olarak kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Ritchie ve ark. (1990), sera koşullarında yürüttükleri çalışmada tane doldurma döneminde kuraklık stresi uygulanmış ve iyi sulanmış TAM W-101 (kurağa dayanıklı) ve Sturdy (kurağa hassas) çeşitlerinde oransal nem içeriği ve gaz değişim parametrelerini karşılaştırmışlardır. Araştırıcılar, hem sulu hem de kuraklık stresi koşullarında TAM W-101 çeşidinin yüksek oransal nem içeriğine ve fotosentez aktivitesine sahip olduğunu ve bu parametrelerin kuraklığa dayanıklılığın belirlenmesinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Van Oosterom ve ark. (1993), kuraklığın arpada tane verimini azaltan en önemli abiyotik stres faktörü olduğunu, ancak bu azalmanın sadece kuraklığın süresi ve şiddetine değil, aynı zamanda kuraklığa maruz kaldığı gelişme dönemine de bağlı geliştiğini bildirmişlerdir.

Reynolds ve ark. (1994), Meksika'da 16 buğday genotipi ile iki farklı ekim döneminde (Aralık, Şubat) yaptıkları araştırmada; karınlanma, çiçeklenme ve tane doldurma dönemlerinde bayrak yaprak klorofil içeriği ve stoma iletkenliği değerlerinin üç gelişme aşamasında da tane verimi ile olumlu ilişkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Gonzalez ve ark. (1999), kuraklık stresinde arpa çeşitlerinin ozmotik potansiyel, yaprak oransal nem içeriği, stoma iletkenliği ve tane verimi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, incelenen özellikler açısından önemli farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, ozmotik potansiyel ile yaprak oransal nem içeriği, ozmotik potansiyel, stoma iletkenliği ve tane verimi arasında pozitif ve önemli düzeyde ilişkiler

tespit etmişler ve kuraklık stresinde erken başaklanan ve ozmotik potansiyelleri yüksek olan çeşitlerin yüksek tane verimine sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Savin ve Nicolas (1999), arpada tane dolum süresince yaşanan kuraklıkta yaprak su potansiyelinin -2.5 MPa ozmotik basınç değerine kadar düştüğünü tespit etmişlerdir.

Chandrasekar ve ark. (2000), iki adet hekzaploid C-295 (su stresine toleranslı), Hira (su stresine hassas) ve iki adet tetraploid HW-24 (*Triticum dicoccum*), A 9-30-1 (*Triticum dicoccum*) buğday genotiplerinin sera koşullarında kuraklığa tepkilerini incelemişlerdir. Ekimden sonraki 60, 70 ve 80. günlerde 10 gün süreyle kuraklık stresine bırakılan genotiplerde; bayrak yaprak klorofil içeriği yönünden genotipler arasında önemli farklar bulunduğu, kuraklık stresinin klorofil içeriğini önemli derecede azalttığı ve genotiplerin klorofil içeriği yönünden kurağa tepkilerinin farklı olduğu saptamışlardır. Araştırıcılar, stres koşullarında klorofil içeriği yüksek ve tane dolum döneminde klorofil içeriğindeki azalma oranı düşük olan genotipleri kurağa toleranslı olarak tanımlamışlardır.

Shakhatreh ve ark. (2001), kurağa toleranslı arpa hat ve çeşitlerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, erkenci çeşitlerin daha uzun tane dolum süresine sahip olmaları nedeniyle kuraklıktan daha az etkilendiklerini bildirmişlerdir.

Sanchez-Diaz ve ark. (2002), arpada tane dolum dönemindeki kuraklık stresinin, bayrak yaprağının net fotosentez hızının azalmasından dolayı olumsuz etkide bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Jones ve ark. (2003), arpada kuraklık stresine yanıt olarak, bitki su potansiyelinde azalma, fotosentez hızının düşmesi, stoma drencinde artış gibi birçok fizyolojik değişiklikler meydana geldiğini ve tane doldurma sürecindeki kuraklık stresinin yapraktaki su potansiyelini -2.5 MPa kadar düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Samarah (2005), arpada tane dolum döneminde kuraklığın etkisini araştırdığı çalışmasında, kuraklık stresindeki bitkilerin, sulanan bitkilere göre daha kısa sürede tane doldurduğunu belirlemiştir. Araştırıcı, kuraklığın kardeş sayısı, bitkide başak sayısı, başakta tane sayısı ve tane ağırlığını azaltmasından dolayı tane verimini önemli ölçüde düşürdüğünü, bu etkinin özellikle çiçeklenme sonrası kuraklığın derecesine bakılmaksızın önemli derecede zararlanmalar oluşturduğunu bildirmiştir.

Rong-hua ve ark. (2006), arpa çeşitlerinde kuraklığa tolerans ve klorofil içeriği arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında, kuraklıktan daha fazla etkilenen çeşitlerin klorofil oranlarının düşük olduğunu ve bu durumun verim düzeylerini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Ayrıca klorofil içeriğinin kuraklığa dayanıklılıkta seleksiyon kriteri olabileceğini bildirmişlerdir.

Szira ve ark. (2008), arpada kuraklık stresinin farklı gelişme dönemlerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, çimlenme ve ilk gelişme döneminde kuraklık etkisinin çimlenme yüzdesi, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, toprakaltı ve toprak üstü kuru ağırlıklar, oransal nem içeriği ve ozmotik potansiyel üzerine önemli düzeyde olumsuz etkilerde bulunduğunu ve bu durumun geç gelişme döneminde tane verimi ve bin tane ağırlığını azaltarak devam ettiğini belirlemişlerdir. Araştırıcılar, kurağa toleranslı çeşitlerde oransal nem içeriği ve tane veriminin daha yüksek olduğunu da vurgulamışlardır.

Kholova ve ark. (2008), bazı darı genotiplerinde yaptıkları çalışmada terminal kuraklığa tolerans kantitatif trait locus (QTL) taşıyan genotiplerin, iyi sulu koşullarda birim yaprak alanından hassas genotiplere göre daha az su kaybettiğini ve transpirasyon oranının düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Samarah ve ark. (2009), sera ve tarla koşullarında 4 arpa çeşidi ile yürüttükleri çalışmada son dönem kuraklığın tane verimi ve bitki gelişimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Tane doldurma döneminde 4 arpa çeşidi (Rum, Acsad176, Athroh ve Yarmouk) sera ve tarla koşullarında üç su uygulamasına maruz bırakılmıştır. Sera koşullarında birinci uygulamada iyi sulama koşullarında toprak tarla kapasitesi %75 seviyesinde kalacak şekilde, ikinci uygulamada orta kuraklık stresi etkisi oluşturmak için toprak tarla kapasitesi %50 olacak şekilde, üçüncü uygulamada şiddetli kuraklık etkisi yaratmak için toprak tarla kapasitesi %25 olacak şekilde sulama yapılmıştır. Tarla koşullarında yapılan denemede iyi sulama uygulamasındaki bitkiler haftada bir, orta kuraklık stresi etkisi için iki haftada bir sulanmış, aşırı kuraklık etkisi için ise sulama yapılmamıştır. Sonuç olarak araştırıcılar, kuraklık stresinin etkisi arttıkça; fotosentez hızı, bitki su potansiyeli, bitki boyu, tane doldurma süresi, bitkide başak sayısı ve başakta tane sayısının, 1000 tane ağırlığı, tane verimi ve hasat indeksinin azaldığını bildirmişlerdir.

Sadok ve Sinclair (2009), PI 416937 ve Benning soya fasulyesi çeşitleri ve bu çeşitlerin RIL (Recombinant Inbred Line) popülasyonundan 22 genotipte değişen BBA şartlarında transpirasyona tepkilerini incelemişlerdir. Genotip PI 416937, 2 kPa gibi düşük BBA değerinde maksimum TH' ye ulaşırken, Benning genotipinde artan BBA' ya bağlı olarak TH'nın sürekli artmadığını, aksine PI 416937 gibi kırılımlı regresyon eğrili bir TH cevabına sahip olduğunu belirlemişlerdir. Ancak RIL popülasyonundan sadece bir genotip ebeveynlerine benzer bir tepki ortaya koymuştur. 13 genotip artan BBA' ya artan TH ile cevap verirken, 8 genotip ise 1.3 kPa gibi düşük bir BBA eşiğinde ebeveynlerinden daha düşük bir değere sahip olmuştur. Transpirasyonu sınırlayıcı özelliklerin kalıtımı oldukça karmaşık olmasına rağmen bu araştırmadan elde edilen sonuçlar suyun kısıtlı olduğu şartlarda yapılacak üretim için umut verici genotiplerin bulunduğunu göstermiştir.

Devi ve ark. (2009), 17 yer fıstığı genotipinin iyi sulu ve su stresli şartlarda TE ve TTSM özelliklerini inceledikleri araştırmada, İS altında genotipler arasında TE değerleri bakımından fark olmadığını ve gaz alışveriş özelliklerinin benzer olduğunu, WS altında ise genotipler arasında önemli farklılıklar olduğunu gözlemlemişlerdir. TE değerleri İS'de 4.27-6.14 arasında değişirken, SS altında ise 0.59-2.53 değerleri arasında değişim göstermiştir. Kuraklığa maruz bırakma denemesinde, genotipler arasında transpirasyon hızının düştüğü ve TTSM eşik değerleri bakımından önemli farklılıklar gözlenmiş ve 0.22-0.71 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Araştırıcılar, maksimum transpirasyon etkinliğinin 0.55 TTSM kırılma eşiğinde olduğunu ancak bu değerin çevresel koşullara bağlı olarak değişebileceğini bildirmişlerdir.

Kholova ve ark. (2010), kuraklığa hassas ve toleranslı koca darı genotipleriyle değişik BBA koşullarında, iyi sulu ve su stresli koşullarda yetiştirilen bitkilerde yaprağın ABA içeriğini, transpirasyon hızı ve transpirasyon etkinliği değişimini incelemişlerdir. Araştırıcılar üç önemli sonuç elde etmişlerdir: (1) toleranslı genotiplerin yapraklarındaki ABA içeriğinin hassas olanlara göre daha yüksek olduğunu ve ABA miktarının su stresli şartlarda artmadığını, (2) toleranslı genotiplerin artan BBA' ya karşı bir tepkilerinin olduğunu ve yüksek BBA' da TH'nın kısıtlandığını ve tüm BBA koşullarında TH'nın toleranslı genotiplerde daha düşük olduğunu, (3) İS ve SS

koşullarında vejetatif aşamada TE bakımından genotipler arasında önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Devi ve ark. (2010), 17 yerfıstığı genotipinin serada değişik BBA koşulları altında TH tepkilerini araştırdıkları çalışmalarında, genotipler arasında önemli farklılıklar tespit etmişler; 9 genotipin yaklaşık 2.2 kPa BBA eşiğinde bir kırılma noktası oluşturduğunu ve bu genotiplerin BBA 2.2 kPa'yı aştığında TH'nı kısıtlayarak toprak suyunu koruma yeteneğinde olduğunu, geriye kalan 8 genotipin ise test edilen tüm BBA değerlerinde linear bir TH'na sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırıcılar, artan BBA ile TH'de meydana gelen bu değişikliklerin tarla koşullarında toprak suyunun kullanılma miktarının belirlenmesinde önemli bir bitki özelliği olabileceğini belirtmişlerdir.

Gholipoor ve ark. (2010), sera koşullarında yetiştirdikleri 26 sorgum genotipinin büyütme odasında değişen BBA şartlarında transpirasyon tepkilerini araştırdıkları çalışmada, 17 genotipin 1.6-2.7 kPa değerleri arasında değişen bir kırılma noktası oluşturarak transpirasyon oranını sınırlandırdığını, bu özelliğe sahip genotiplerin toprak suyunu muhafaza etme yeteneğinde olduğunu ve bu özelliğin su kısıtlı çevrelerde kuraklığa toleranslı genotip belirleme bakımından bir seleksiyon kriteri olabileceğini bildirmişlerdir.

Zaman-Allah ve ark. (2011a), ICRISAT bitki genetik koleksiyonundan seçilen genotipik olarak farklı fenolojilere sahip sekiz nohut genotipinde sera ve tarla koşullarında su kullanımı ile ilgili özelliklerin karakterizasyonu için bir araştırma yapmışlar; sera koşullarında yapılan çalışmada, bitki su kullanımı ile ilgili incelenen özellikler bakımından dayanıklı genotiplerin hassas genotiplerden ayırt edici olmadığını, tarla çalışmalarında ise birçok ayırt edici özellik elde edildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, sera koşullarında, tüm genotiplerden daha düşük su alımı olan ICC8058 genotipi hariç toplam transpirasyon ve transpirasyon etkinliği bakımından genotipler arasında istatistikî önemde bir fark olmadığını; ancak, kuraklığa hassas genotiplerin dayanıklı olanlara göre daha fazla biyokütle ürettiğini ve spesifik yaprak alanı bakımından hassas genotiplerin öne çıktığını bildirmişlerdir. Araştırıcılar, TTSM eşik değerlerinin sera koşullarında 0.35-0.65 arasında, dış ortamdaki bitkilerde 0.25-0.43 arasında değiştiğini ve su stresine dayanıklı genotiplerin daha yüksek TTSM

eşik değerine sahip olduğunu, tüm BBA koşullarında transpirasyon hızı bakımından genotipler arasında genotipik varyasyon görüldüğünü, dayanıklı genotiplerin daha düşük TH'na sahip olma eğilimde olduğunu ve BBA arttıkça genotiplerin transpirasyon hızlarının, genotipler ve uygulanan BBA'ya göre değişen bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Mutlak kanopi iletkenliğinin dolaylı bir tahmini olarak kullanılan stoma iletkenliği göstergesi (Ig) değerleri 1.8 ile 3.6 arasında değiştiğini, toleranslı genotiplerin daha düşük bir Ig değerine sahip olduğunu ve kanopi sıcaklığı ile transpirasyon oranı arasında önemli olumsuz ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir.

Zaman-Allah ve ark. (2011b), 20 nohut genotipi ile yaptıkları çalışmada, kuraklığa toleranslı genotiplerin avantajının, herhangi bir su stresi oluşmadan önce vejetatif evrede muhafazakâr su kullanımından kaynaklandığını, vejetatif evrede muhafaza edilen bu suyun kısmen tolerant genotiplerde daha düşük kanopi iletkenliğinden kaynaklandığını ve bu özelliğin genaratif evrede su stresi altında daha yüksek verim elde etmede rol oynadığını belirtmişlerdir. Bu nedenle araştırıcılar, kök büyümesinden ziyade, kökler tarafından su alınımının dönemsel modeli ve bitki su yönetiminin terminal kuraklığa adaptasyon açısından kritik önem taşıdığını bildirmişlerdir.

Schoppach ve Sadok (2012), Güney Avustralya koşullarına adapte olmuş 7 buğday genotipi ve kontrol çeşit olarak kuraklığa hassas Kukri genotipi ile Belçika Catholique de Louvain Üniversitesi sera ve büyütme odası koşullarında birbirinden bağımsız çalışma yapmışlardır. Araştırmada, hem BBA hem de TTSM denemesinde kademeli olarak arttırılan kuraklık etkisi altında toprakta azalan yarayışlı suyun eksikliğine karşı TH'ye hassasiyetin genetik değişkenliğinin boyutunu ve TH hassasiyetini karakterize eden parametreler arasındaki fenotipik korelasyonun varlığını araştırmışlardır. Araştırıcılar,genotiplerin artan BBA'ya verdikleri TH tepkilerini oldukça değişken bulmuş, altı genotipte artan BBA'ya verilen yanıtta transpirasyon oranının azaldığını gösteren 2.4 ile 3.9 kPa arasında değişen bir kırılma noktası bulmuşlar, diğer iki genotipte ise BBA arttıkça TH'de doğrusal olarak arttığını belirtmişlerdir. Genotiplerin toplam yaprak alanı önemli ölçüde farklı bulunmuş e 74.8 ile 144.5 cm^2 arasında değişmiştir, ancak; TH yaprak alanı bazında hesaplandığı için bu değişim genotiplerin değişen BBA'ya verilen TH tepkilerinde belirgin farklılıklara neden olmamıştır. Araştırıcılar gözlemlenen transpirasyon tepkilerini, bitki büyüklüğü

veya çevreden bağımsız bir genotipik karakteristik olarak düşünülebileceğini ifade etmişlerdir. Araştırıcılar TTSM denemesinde kademeli olarak arttırılan kuraklık etkisi altında transpirasyonun azalmaya başladığı TTSM eşiğinin 0.43-0.52 arasında değiştiğini, artan BBA' ya karşı suyu tasarruflu kullanan genotiplerin azalan toprak suyu koşullarında da yine suyu tasarruflu kullandıklarını belirtmişlerdir.

Yang ve ark. (2012), dört hibrit mısır genotipini üç farklı gün/gece sıcaklık rejimlerinde (30/26, 26/22 ve 22/18 °C) serada yetiştirmiş ve değişen atmosferik BBA' ya genotiplerin tepkisini büyütme odasında iki farklı sıcaklıkta değerlendirmişlerdir. Araştırıcılar incelenen tüm melezler için BBA artışı ile transpirasyon oranındaki artışların benzer olduğunu ve iki segmentli doğrusal regresyon ile iyi tanımlandığını, BBA'nın bir kırılma noktasının ötesinde artmasıyla transpirasyonda bir miktar daha artış olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek sıcaklıkta ölçüldüğünde, BBA' ya verilen transpirasyon kırılma noktası düşük sıcaklıkta yapılan ölçümlere göre daha yüksek kırılma noktası ve transpirasyon hızında ortaya çıkmıştır. Büyüme sıcaklığının transpirasyon üzerindeki etkisi, bitkiler düşük sıcaklıkta (22/18 °C) yetiştirildiğinde ve daha yüksek sıcaklıkta (30 °C) ölçüldüğünde belirgin olmuştur. Çalışmada mısır bitkisinde yüksek BBA'da transpirasyon sınırlama özelliği kuraklığa toleransı iyileştirmek için ıslah programlarına dahil edilebilecek umut veren fizyolojik bir özellik olarak tanımlanmıştır.

Belko ve ark. (2012), kuraklığa toleranslı ve hassas genotiplerin, kademeli olarak kuraklık stresine maruz kalma şartlarında büyüme tepkisi, kanopi iletkenliği, TH ve TE bakımından farklılık gösterip göstermediğini, genotipler arasında transpirasyonun azaldığı TTSM eşiklerinde farklılıklar olup olmadığını ve bu ilişkiler arasındaki korelasyonu araştırmak amacıyla farklı BBA ve su rejimi şartlarında 15 börülce genotipiyle yaptıkları araştırmada; iyi sulu ve düşük BBA koşullarında hassas genotiplerin daha fazla yaprak alanı ve biyokütleye sahip olduğunu, kuraklığa toleranslı genotiplerin iyi sulu koşullarda düşük TH oranına ve yüksek BBA altında ise transpirasyonlarını sınırlama yeteneğinde olduğunu, su stresli koşullarda tolerant genotiplerin daha düşük TTSM eşiği ve yüksek TE değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Gholipoor ve ark. (2013), yüksek BBA altında sınırlı transpirasyon yeteneğine sahip mısır hatlarını tespit etmek amacıyla 35 tek melez hattı ile iki set şeklinde yaptıkları çalışmada bitkileri büyütme odasında artan oranlarda BBA'ya maruz bırakmışlardır. Transpirasyon oranının sınırlandırıldığı BBA eşiğinin üstünde yer alan bir BBA eşiği ile birlikte iki aşamalı bir transpirasyon yanıtı gözlemlemişlerdir. Transpirasyon oranının azalmaya başladığı BBA eşiği, 11 genotipte 1.7 ila 2.5 kPa arasında değişim göstermiş, diğer genotiplerde ise doğrusal bir artış gözlenmiştir. Araştırıcılar daha sonra her iki deney grubuna da sekiz hibrit eklemişler ve her iki deneyde aynı sonuçları elde etmişlerdir.

Öztürk ve Aydın (2014), 64 ekmeklik buğday genotipini geç gelişme dönemindeki kuraklığa dayanıklılık yönünden değerlendirmişlerdir; geç kuraklık uygulaması ve fizyolojik yaşlanmaya bağlı olarak, SPAD klorofil değeri, maksimum floresans verimi, değişken floresans verimi ve PS II maksimum enerji veriminin azaldığını, yaprak yaşlanma oranı ve minimum floresans veriminin arttığını bildirmiştir. Araştırmada, stepwise regresyon ve temel bileşenler analizi sonuçları; çiçeklenmeden 25 gün sonraki maksimum floresans verimi, SPAD klorofil değeri, yaprak yaşlanma oranı ve tane kül içeriğinin geç kuraklığa dayanıklılık ıslahında potansiyel seleksiyon ölçütleri olarak kullanılabileceğini, yeni ve üstün ebeveynlerin seçiminde esas alınabileceğini göstermiştir.

Lobell ve ark. (2014), atmosferik BBA'nın şimdiki ve gelecekteki verimler üzerinde daha önce düşünülenden çok daha güçlü bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir. Bu etki, her ikisi de yüksek BBA koşullarına neden olan sıcaklık ve kuraklık stresi altında verimleri düşen buğday gibi birçok üründe sorun oluşturmaktadır.

Vadez ve ark. (2014), transpirasyon ve CO_2 emilimi stomalarla oluştuğu için, artan BBA'ya verilen TH yanıtlarının hem teorik olarak hem de deneysel olarak su kısıtlı şartlar altında verimle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Shekoofa ve ark. (2015), yabani, kültür çeşidi ve ileri hatları kapsayan 6 yer fıstığı genotipinin kontrollü şartlarda (31/26 ^{o}C, 36/26 ^{o}C) ve tarla şartlarında transpirasyon tepkisini araştırdıkları çalışmalarında, sadece 31 ^{o}C sıcaklık şartlarında genotiplerden 3 tanesinin artan BBA şartlarında transpirasyon oranını kısıtladığını, diğer iki koşulda doğrusal bir artış olduğunu gözlemişlerdir. Araştırıcılar, ıslah aşaması

ile sınırlı transpirasyon özelliği arasında ilişki olmadığını, genotiplerin maruz kaldığı sıcaklık koşulunun özelliğin belirlenmesinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Kızılgeçi ve ark. (2016b), Mardin ve Diyarbakır lokasyonlarında 10 adet arpa genotipini kullanarak yaptıkları araştırmada, verim bileşenleri ve bazı fizyolojik parametrelerin verimle olan ilişkisini incelemişlerdir. Araştırıcılar, SPAD değeri bakımından lokasyon ve lokasyon x genotip interaksiyonunun önemli farklılıklar gösterdiğini, genotipler arası farklılıkların ise önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. SPAD değerlerinin Mardin lokasyonunda 45.33-52.13, Diyarbakır lokasyonunda 41.15-48.88 arasında değiştiğini ve lokasyon ortalamaları bakımından ise Mardin'in (48.44) Diyarbakır'dan (45.56) daha yüksek değere sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Ryan ve ark. (2016), 100 mısır genotipiyle sera koşullarında yaptıkları çalışmada, 1.5 kPa ve 3.8 kPa aralığında değişen BBA aralığında su kullanım etkinliği ve artan BBA'ya karşı genotiplerin transpirasyon tepkisini araştırmışlardır. Çalışmada, BBA' ya karşı genotiplerin transpirasyon tepkisi belirli genotiplerde benzerlik göstermiş ve iki kategoriye ayrılmıştır: (1) tüm buhar basıncı açıklığı koşullarında BBA artışı ile transpirasyon hızı arasında doğrusal bir artış, (2) düşük BBA'da veya yüksek BBA'da belirgin bir değişim noktası olan doğrusal olmayan bir yanıt gözlemişlerdir. Kırılma noktası değerleri BBA'ya karşı stomatal duyarlılık ile anlamlı olumlu ilişki göstermiştir. İkinci grupta yer alan yüksek su kullanım etkinliğine sahip genotipler, önemli derecede düşük BBA değerinde bir kırılma noktası oluşturmakta, bu noktadan sonra artan BBA'ya karşı su kullanım etkinliği düşük olan genotiplere göre daha düşük bir transpirasyon hızına sahip olmaktadır.

Schoppach ve ark. (2017), kuraklığın geniş oranda yaşandığı ülke olan Avustralya'da buğday verimlerinin son yüz yılda sürekli arttığını, şu anda bu artışın yaklaşık yarısının ıslah çalışmalarıyla elde edildiğini, ancak bu artışa neden olan fizyolojik unsurların neler olduğunun halen tespit edilmediğini belirtmişlerdir. Araştırıcılar, yüksek atmosferik buhar basıncı açıklığı altında sınırlı bitki transpirasyon oranı özelliğinin bitkinin suyu etkin kullanmada ve verim artışlarında payı olup olmadığını incelemişlerdir. Çalışmada, 1890'dan 2008'e kadar tescil edilen 23 buğday çeşidinde, BBA'ya verilen TH cevabı 0.9-3.2 kPa aralığında ölçülmüştür. Muhafazakâr su kullanma hipotezi ile uyumlu olarak, tüm genotiplerin, TH'nin 2 kPa'dan büyük olan

BBA artışı ile birlikte bir kırılma noktasına sahip olduğunu göstermiştir. Artan BBA' ya karşı TH'nın kısıtlandığı kırılma noktasının tescil yılı ile ilişkili olduğu, transpirasyon parametrelerindeki bu değişikliklerin bitki yaprak alanından bağımsız olduğunu, ıslahçılar tarafından 120 yıldır yapılan seleksiyonun bilinçli olmasa bile tüm bitki transpirasyonunu kısıtlayan bir yönde yapıldığını bildirmişlerdir.

Guiguitant ve ark. (2017), kontrollü ve doğal koşullar altında 17 mercimek genotipinin transpirasyon tepkilerini araştırmışlardır. Tüm genotiplerin transpirasyon hızları, doğal koşullar altında artan BBA ile doğrusal bir artış gösterirken, kontrollü ortamda BBA artışı ile birlikte hemen hemen tüm genotiplerde yaklaşık 3.4 kPa'da bir kırılma noktası görülmüştür. Araştırıcılar daha sonra mercimekteki bu özelliğin, dört farklı kırılma noktası senaryosuyla (3.4, 2.2, 1.1 kPa'da kırılma noktası ve BBA'ya duyarsız olarak) çiftçilere ne kadar, nerede ve ne kadar sıklıkla faydalı olabileceğini belirlemek için Güney Asya'da bir simülasyon analizi gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, düşük simüle edilmiş eşikte (1.1 kPa) sınırlı transpirasyon özelliğinin kuraklığa açık ortamlarda mercimekte performans artışıyla sonuçlanabileceğini ve kuraklığa dayanıklı çeşit geliştirmede yüksek BBA'da sınırlı transpirasyon özelliğinin makul rolü olduğunu ancak bu özelliğin mercimek verimliliği üzerindeki etkisinin coğrafya ve çevreye göre değişebileceğini bildirmişlerdir.

Rischbeck ve ark. (2017), 8 yazlık arpa genotipi ile Almanya'da yaptıkları çalışmada stomal duyarlılığın, iyi sulu koşullarda tarımsal üretimi olumsuz etkilediğini; ancak su stresi koşullarında transpirasyonu kısıtlayarak verimliliği koruduğunu bildirmişlerdir.

Rashid ve ark. (2018), iki buğday çeşidinde yüksek sıcaklığın büyüme, fizyoloji ve verim üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında; sıcaklık stresi altındaki yüksek BBA'nın yaprak transpirasyonunu artırdığını ve fotosentetik su kullanım etkinliğini düşürdüğünü bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada bitki materyali olarak Çizelge 3.1'de kısa özellikleri sunulan 7 arpa genotipi kullanılmıştır. Bu genotiplerden altısı Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında yetiştirilen tescilli arpa çeşidi ve biri Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü'ne tescil başvurusu yapılan ileri arpa hattından oluşmaktadır. Araştırmada gübre kaynağı olarak her saksı için 10 g diamonyum fosfat (18.46.0) kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan genotiplere ait bilgiler

Sıra No	Genotipler	Başaktaki Sıra Sayısı	Islahçı Kuruluş veya Orijini	Gelişme Biyolojisi
1	Önder	2	DÜZF	Yazlık
2	Barış	2	GAP UTAEM	Yazlık
3	Sur-93	2	GAP UTAEM	Kışlık
4	Hevsel	2	GAP UTAEM	Yazlık
5	Kendal	6	GAP UTAEM	Yazlık
6	Altıkat	6	GAP UTAEM	Yazlık
7	Dicle Ün. Aday	6	DÜZF	Yazlık

DÜZF: Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi
GAPUTAEM: GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi

3.1.1 Araştırmada Kullanılan Sera İklim Koşulları ve Toprak Özelliği

Araştırmanın yürütüldüğü serada bitkiler yapay ışıklarla desteklenen doğal güneş radyasyonu almıştır. Aylık minimum ve maksimum sıcaklıklar ile nispi nem içerikleri Gemini Tinyangn Ultra 2 TGU 4500 Datalogger cihazı ile belirlenmiştir. Çizelge 3.2.'de denemenin yürütüldüğü seradaki aylık sıcaklık ve nem değerlerini gösterir değerler görülmektedir.

Çizelge 3.2. Araştırmada kullanılan seraya ait sıcaklık ve nem değerleri

Aylar	Minimum Sıcaklık (^{o}C)	Maksimum Sıcaklık (^{o}C)	Ortalama Nispi Nem (%)
Kasım	-1.4	24.4	64.0
Aralık	-5.4	13.8	81.0
Ocak	-5.9	15.1	77.6
Şubat	-7.7	20.4	68.3
Mart	3.9	22.9	70.0
Nisan	4.7	28.0	75.0
Mayıs	11.2	36.7	65.0

Denemede kullanılan tarla toprağı killi ve hafif alkali olup organik madde miktarı düşük düzeydedir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Araştırmada kullanılan toprak özellikleri

Bünye Sınıfı	Toplam Tuz (%)	pH	$CaCO_3$ (%)	P_2O_5 (kg da^{-1})	Organik Madde (%)	Su ile Doygunluk (%)	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
Killi	0.032	7.8	8.12	4.06	0.86	66.2	36.7	18.8

3.2. Metot

Arpada kurağa dayanımla ilişkili olan transpirasyon hızı, transpirasyon etkinliği, stoma iletkenliği ve su kullanım etkinlikleri esas alınarak 7 arpa genotipi değerlendirilmiştir. Araştırma birbirinden bağımsız, (1) kurağa maruz bırakma ve su bütçesi ölçümü yapılan TTSM denemesi, (2) büyütme odasında transpirasyon özelliklerinin incelendiği BBA denemesi, (3) verim öğeleri ve bazı fizyolojik özelliklerin incelendiği deneme olmak üzere 3 deneme şeklinde yürütülmüştür.

3.2.1. Kurağa Maruz Bırakma ve Su Bütçesi Ölçümü Denemesi

Araştırma, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde bulunan serada yarı kontrollü koşullarda Kasım 2016–Haziran 2017 tarihleri arasında yürütülmüştür. Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre, ana faktör iki su uygulaması iyi sulu (İS) ve su stresli (SS) koşullar ile alt faktör genotipler olarak 4 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Her bir genotip ve her tekerrür için 18.8 cm uzunluğunda, çapı 22.2 cm boyutlarında tek bir saksı kullanılmıştır. Topraklar doldurulmadan önce tüm saksılarda ağırlık bakımından homojenliği sağlamak için toprak 1 cm'den daha küçük parçalar halinde olacak şekilde elekten geçirilmiştir (Şekil 3.1 ve 3.2). Topraklar saksılara doldurulduktan sonra her saksıda eşit miktarda toprak olması için tartılmıştır. (+/- 50 g) Her genotipe ait 4 tohum 16 Kasım 2017 tarihinde saksıya ekilmiş ve ekimle birlikte 10 g DAP gübresi verilmiştir. Üst gübre uygulaması yapılmamıştır. Çimlenmeden iki hafta sonra her saksıda 2 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır (Şekil 3.3 ve 3.4).



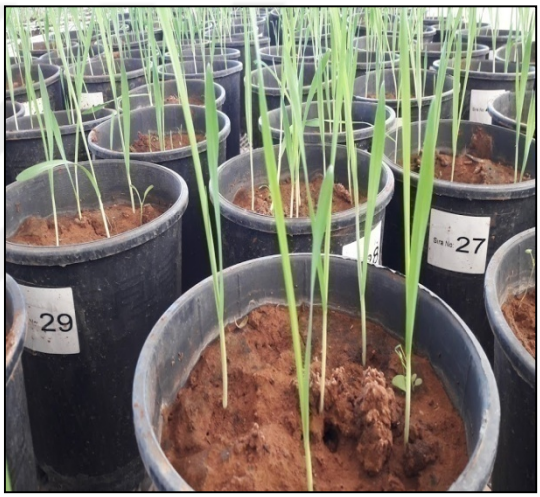
Şekil 3.1. Saksılara toprağın doldurulması



Şekil 3.2. Ekim öncesi sulama uygulaması



Şekil 3.3. Çıkış yapmış genotipler



Şekil 3.4. Çıkış yapmış genotipler

Vejetatif aşamada sera neminden kaynaklanan pas ve yaprak leke hastalıklarına karşı Epoxiconazele etkin maddeli ilaçla yapraklardan bir defa ilaçlama yapılmıştır.

Genotiplerin kuraklık stresine girmelerini önlemek için su ihtiyacı olduğunda kuraklığa maruz bırakma uygulamasının başladığı başaklanma dönemine (Zadoks 55) kadar bütün bitkiler iyi sulu şartlar altında büyütülmüştür. Kuraklık denemesi başlamadan bir gün önce öğleden sonra bütün bitkiler su ile doyurulmuş ve gece boyunca süzülmesine izin verilmiştir.



Şekil 3.5. Genotiplerin kuraklık denemesine hazırlanması



Şekil 3.6. TTSM denemesinde tartım işlemleri

Ertesi sabah saksı yüzeyindeki evaporasyonu engellemek için, saksılar plastik poşetlerle bitki gövde çevresine sarılarak üzerlerine plastik boncuk dökülmüş ve tartılmıştır (Şekil 3.5 ve 3.6). Saksılar, daha sonra her gün sabah ($08:^{00}$-$09:^{00}$) düzenli olarak tartılarak günlük transpirasyon belirlenmiştir. Tam sulu koşullarda saksılara tarla kapasitesinin %80'ine kadar saksı ağırlığını her gün bu seviyeye getirecek şekilde günlük olarak sulanmıştır. Kurağa maruz bırakmada bitkilerin transpirasyonla kaybettiği suyun ilk 5 gün 50 ml, diğer günlerde 70 ml eksiği verilerek bitkiler kurağa maruz bırakılmıştır.

Denemeler su stresli bitkilerin transpirasyonu belirli bir genotip için iyi sulu bitkilerin transpirasyonundan <%10 olduğu zaman sonlandırılmıştır (Vadez ve Sinclair 2001).

Bitkiler daha sonra hasat edilmiş ve 48 saat 70°C'de fırında kurumaları sağlandıktan sonra kuru ağırlıkları tartılmıştır.

TTSM Denemesinde İncelenen Özellikler

3.2.1.1 Transpire Edilebilen Toprak Suyu Kısmı

Tüm saksılarda günlük transpirasyon, birbirini izleyen günler arasındaki saksı ağırlığındaki farkın iki ardışık tartım arasında saksılara eklenen su miktarının toplanmasıyla hesaplanmıştır. Bu aşamada bitkiler tam sulu ve kurağa bırakma olmak

üzere iki gruba ayrılmıştır. Karşılaştırma yapmak için transpirasyon değerleri Kholova ve ark. (2010) tarafından tanımlandığı şekilde iki aşamalı olarak normalleştirilmiştir. İlk olarak transpirasyon oranı; belirli bir genotipteki her bir bitkinin transpirasyonunu o bitkilerin iyi sulu şartlarda büyütülenlerin transpirasyonu ile bölünerek hesaplanmıştır. İkinci normalleştirme adımında TH değerleri bitkiler strese girmeden önceki 8 günlük ortalama TH değerlerine bölünerek normalize edilmiş transpirasyon oranı elde edilmiştir.

Hasattan sonra transpire edilebilir toprak suyu kısmı denemenin her günü için hesaplanmıştır. TTSM değerleri stresin bir göstergesi olarak kullanılan toprakta kalan transpire edilebilen su kısmını temsil etmektedir (Ritchie 1981).

Günlük TTSM değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{TTSM} = \frac{\text{Ağırlık (günlük)} - \text{Ağırlık (son)}}{\text{Ağırlık (başlangıç)} - \text{Ağırlık (son)}}$$

3.2.1.2. Transpirasyon Etkinliği (g biyokütle kg^{-1} transpirasyon)

Transpirasyon etkinliği kurağa maruz bırakma denemesinde transpire edilen su miktarı başına üretilen biyokütle miktarı olarak iyi sulu ve su stresli bitkilerde ölçülmüştür. Transpirasyon etkinliği Belko ve ark. (2012)'nın çalışmalarındaki gibi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{TE} = \frac{\text{Hasat edilen son biyokütle} - \text{Kurağa maruz bırakma öncesi biyokütle}}{\text{Transpire edilen su}}$$

Transpire edilen su, kurağa maruz bırakmada ölçülen günlük transpirasyonların toplamıdır. Eklenen suyun kayıtları ve düzenli olarak tartılan saksıların ağırlıkları değerlendirilmiştir. Hasat edilen son biyokütle, kurağa maruz bırakmanın sonundaki iyi sulu ve su stresli bitkilerin biyokütlesidir.

3.2.1.3 Biyokütle (g)

Biyokütle ölçümleri için saksılardaki bitkilerin bütün aksamları hasat edilerek 70 °C'ye ayarlı fırında 48 saat kurutulduktan sonra, 0.001 hassasiyetindeki terazide tartılarak bitki tarafından üretilen toplam kuru madde oranı belirlenmiştir.

3.2.1.4 Klorofil İçeriği (SPAD)

Yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak hızlı ölçen, taşınabilir klorofilmetre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) kullanılmıştır. Li ve ark. (2006) , Guo ve ark. (2008) uyguladıkları yönteme göre iyi sulu ve su stresi altındaki bitkilerde kuraklık stresi başladıktan 12 gün sonra her bitkinin ana sap bayrak yaprağının orta bölümünde damara gelmeyecek şekilde, bir yaprağın rastgele üç yerinden saat 12-14 arasında tek dönemde ölçüm yapılmıştır.

3.2.2. Buhar Basıncı Açıklığı Denemesi (BBA)

Bu uygulama, serada iyi sulu koşullarda yetiştirilen bitkilerde başaklanma sonrasında gerçekleştirilmiştir. Genotipler, BBA uygulamasından bir gün önceki sabah su ile doyurulmuş, gün boyunca süzülmesine izin verilerek saksıların gövde etrafında poşet ile sarılmıştır ve toprak evaporasyonunu engellemek için üzerlerine plastik boncuklar yerleştirilmiştir. Bitkiler, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde bulunan sıcaklığı ve nemi kontrol edilebilen bitki büyütme odasına alınmıştır (Şekil 3.7 ve 3.8). Genotipler 18:00 ile 07:00 saatleri arasında 26 °C sıcaklık , %75 nispi nem olacak şekilde büyütme odasında alıştırma periyoduna tabi tutulmuştur.



Şekil 3.7. Büyütme odasına alınmadan önce bitkilerden görüntü



Şekil 3.8. Büyütme odasından görüntü

Saksıdaki bitkiler, Zaman-Allah ve ark. (2011) tarafından tanımlandığı gibi Çizelge 3.2.4'te belirtilen sıcaklık ve nispi nem şartlarında kademeli olarak artan sıcaklık ve azalan nispi nem stresine tabi tutulmuştur. Saksılar, BBA'nın düşük olduğu sabah başlangıcından BBA'nın zirve yaptığı akşam saatlerine kadar birer buçuk saat arayla 0.1 g hassasiyetli terazi ile tartılmıştır. Bitki transpirasyonu her saksının kaybettiği ağırlıktan tahmin edilmiştir.

BBA değerleri, bitki topluluğu içine yerleştirilen sıcaklık ve nispi nem kaydedici kullanılarak her 15 dakikada bir kaydedilen sıcaklık ve nispi nem cihazı (Gemini Tinytag Ultra 2 TGU-4500 Datalogger) ölçümlerinden aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

(1) DBB (Pascal) = 610.7*107.5T/ (237.3+T)

(2) BBA (kPa)= (100-NN)/100*DBB

BBA denemesinin sonunda bitkiler hasat edilmiş ve toplam yaprak alanı, gövde ve kuru yaprak ağırlıkları, 70 °C'ye ayarlı fırında 48 saat bekletilerek tartılmış ve kuru ağırlıkları bulunmuştur.

Çizelge 3.4. Büyütme odası sıcaklık ve nispi nem değerleri

Saat	Cihazda Ayarlanan		Ölçülen		BBA (kPa)
	°C	Nispi Nem (%)	°C	Nispi Nem (%)	
07.00-08.00	28	69	28.0	70.5	1.1
08.00-09.30	31	60	30.8	62.6	1.7
09.30-11.00	32	55	32.0	57.8	2.0
11.00-12.30	34	50	33.7	53.3	2.5
12.30-14.00	35	47	34.8	51.7	2.7
14.00-15.30	37	44	36.6	50.6	3.1
15.30-17.00	38	38	37.7	50.6	3.3

BBA Denemesinde İncelenen Özellikler:

3.2.2.1. Transpirasyon Hızı (g H_2O m^{-2} s^{-1})

Transpirasyon hızı (TH), birim zaman (s) içerisinde, birim yaprak alanından (cm^2) yapılan toplam transpirasyona göre, aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Belko ve ark. 2012).

TH = ((T x 1000 x 10000)/ YA) / (90 x 60)

T: Birim zamanda yapılan transpirasyon miktarı (g)

YA: Yaprak alanı (cm^2)

Yaprak alanı ölçümleri için BBA ölçümlerinin hemen sonrasında bitkilerdeki bütün yapraklar kesilip her yaprağın eni ve boyu ölçülmüştür. Daha sonra alınan bu değerlerden yaprak alanı, aşağıdaki formül esas alınarak cm^2 olarak hesaplanmıştır.

Yaprak alanı (cm^2) = Uzunluk x En fazla genişlik x 0.68 (Fowler ve Rasmussen 1969)

3.2.3. Verim ve Verim Öğelerinin Değerlendirilmesi

Bu deneme, çalışmada materyal olarak kullanılan 7 arpa genotipi ile tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her tekerrür bir saksıdan oluşmuştur. Bitkiler herhangi bir işleme tabi tutulmamış bitki su ihtiyacı olduğunda toprak tarla kapasitesi %80 olacak şekilde sulama yapılmıştır. Bu uygulamada aşağıda verilen verim ve verim bileşenleri ile bazı fizyolojik, fenolojik ve morfolojik özellikler değerlendirilmiştir.

3.2.3.1. Başaklanma Gün Sayısı (gün): Çıkış tarihi ile bitkilerin % 70'inde başağın bayrak yaprak kınından ½ oranında çıktığı tarih arasındaki gün sayısı olarak belirlenmiştir.

3.2.3.2. Bitki Boyu (cm) : Olgunluk döneminde bitkide kök boğazından itibaren kılçık hariç başağın en üst başakçık ucuna kadar olan kısım ölçülerek cm olarak belirlenmiştir.

3.2.3.3. Başak Uzunluğu (cm) : Başağın üst sapa bağlandığı yer ile başağın en üst ucu arasındaki mesafenin ölçülmesi ile bulunmuştur.

3.2.3.4 Başakta Tane Sayısı (adet) : Başaklar harman edildikten sonra, elde edilen tane sayısı başak sayısına bölünerek bulunmuştur.

3.2.3.5. Başak Verimi (g/bitki) : Bitkiler başak harman makinesinden geçirildikten sonra elde edilen tane ürünü tartılmış ve başak sayısına bölünerek elde edilmiştir.

3.2.3.6. Bin Tane Ağırlığı (g) : Her genotip ürününden 100 tane sayılıp 10 ile çarpılarak bulunmuştur.

3.2.4. İstatistikî Analiz

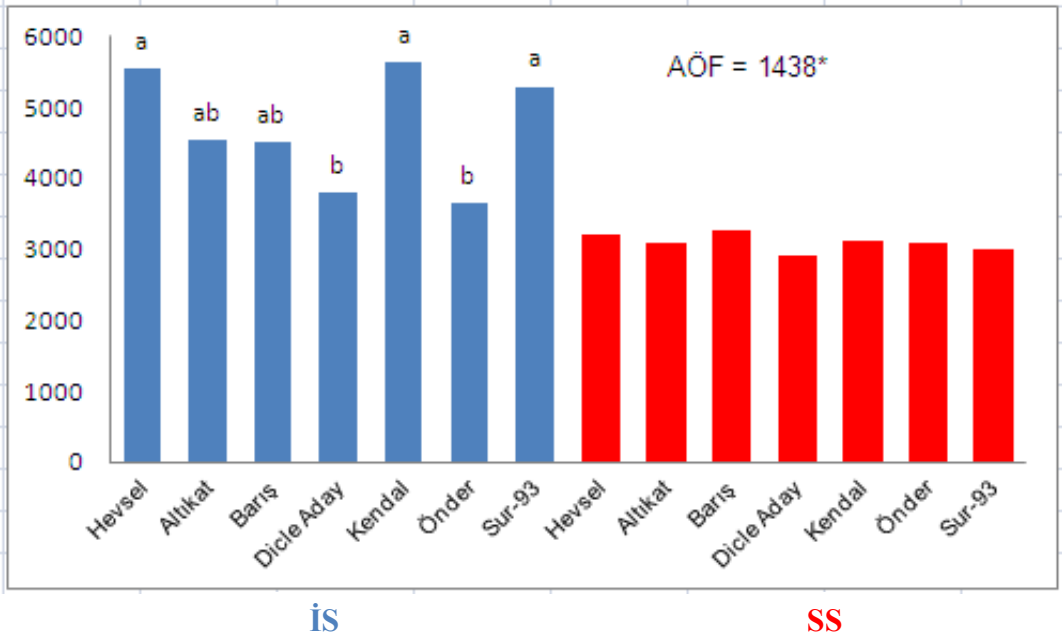
Araştırma sonucunda elde edilen verilerin varyans analizleri, deneme planına uygun olarak, JMP 7.0 (Copyright©2007 SAS Institute Inc.) paket programı yardımıyla yapılmış ve ortalamaların karşılaştırılmasında AÖF testi kullanılmıştır. Biplot analizleri GenStat 14th paket programı kullanılarak yapılmıştır. Korelasyon ve Regresyon analizleri, GraphPad Prism 7 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kurağa Maruz Bırakma ve Su Bütçesi Ölçümü Denemesi

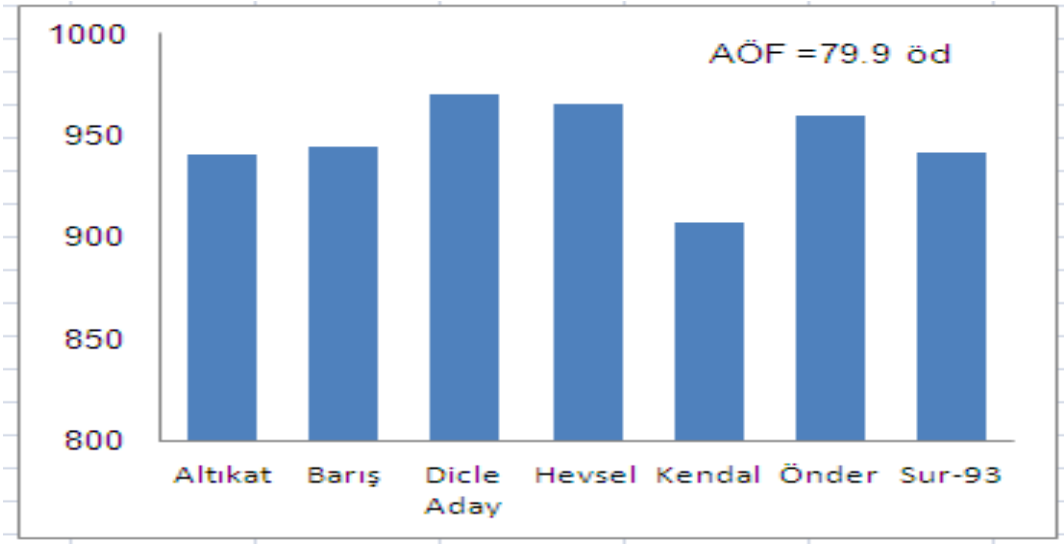
4.1.1. Su Stresi Koşullarında TTSM Eşik Değerlerindeki Değişim

TTSM denemesi süresince, transpirasyonla kaybedilen su miktarı bakımından iyi sulu şartlarda yetiştirilen genotipler arasında istatistikî farklılıklar tespit edilmiştir. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi; Kendal, Hevsel ve Sur-93 çeşitleri transpirasyonla en fazla su kaybederek aynı grupta yer almış, en düşük değerlere Dicle Aday ve Önder çeşitleri sahip olmuştur.



Şekil 4.1. TTSM denemesinde transpirasyonla kaybedilen su miktarları (g)
(*: %5 düzeyinde önemli)

Su stresli şartlarda yetiştirilen bitkilerdeki su kaybı istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Hevsel ve Kendal çeşitleri en fazla su kaybeden genotipler olurken; Sur 93 çeşidi en az su kaybeden çeşit olmuştur. Her iki uygulamanın ortalama değerlerine bakıldığında Kendal ve Hevsel çeşitlerinin öne çıktığı görülmektedir.

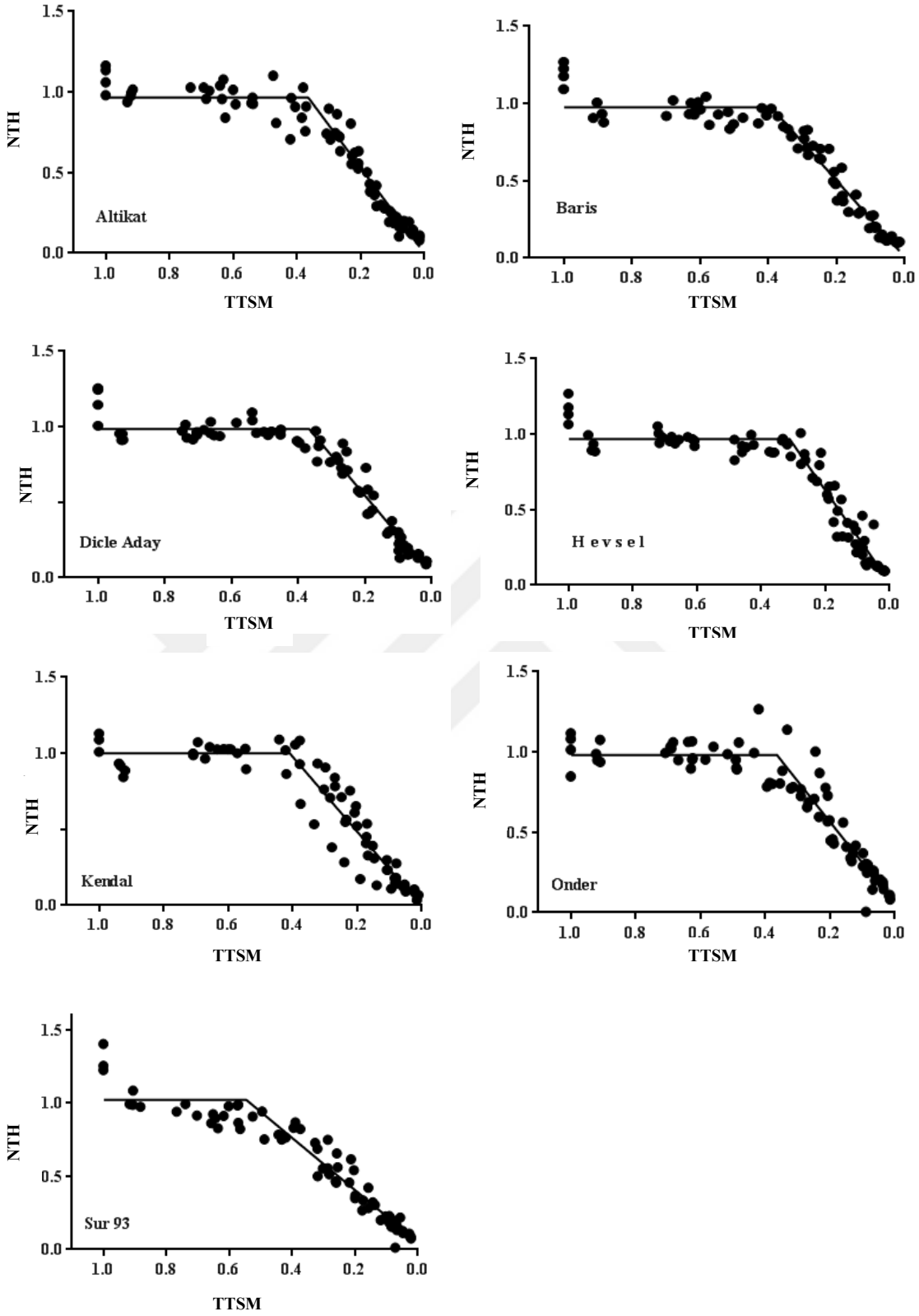


Şekil 4.2. Toplam transpire edilebilir toprak suyu (g)
(öd: önemli değil)

TTSM eşiğinin hesaplanması için temel, aynı hacimde topraktan transpirasyonu desteklemek üzere ekstrakte edilebilen su miktarı olan toplam transpire edilebilir toprak suyudur.

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi toplam transpire edilebilir toprak suyu değerleri arpa genotipleri arasında istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Genotipler arasındaki transpirasyonla kaybedilen ve eklenen su miktarlarındaki farklılıklar genotipler arasındaki büyüme farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Genotipler arasındaki farklılıkları normalize etmek için İS bitkileri kullanılmıştır. Araştırmada elde ettiğimiz bulgular Belko ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada bulunan değerler ile benzerlik göstermektedir.

Genotiplerin kademeli olarak arttırılan su stresine karşı transpirasyon tepkilerinde (NTH) farklılıklar olmuş ve bu tepki segmented regresyon modelle tanımlanmıştır. Transpirasyon için toprakta yeterli suyun bulunduğu yüksek TTSM değerlerinde NTH 1 değeri ile gösterilen düzlem doğrusu tarafından tanımlanmış ve genotiplerin transpirasyon tepkileri benzerlik göstermiştir. Ancak TTSM değerleri kuraklığın artmasıyla belli bir eşiğe ulaştıktan sonra toprak suyunun azalmasıyla NTH değerlerinde doğrusal bir azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. NTH ve TTSM

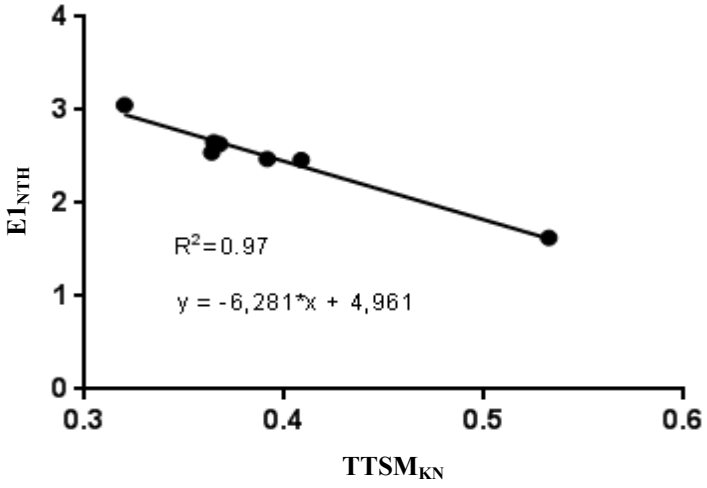
Çizelge 4.1.'de görüldüğü gibi transpirasyonun azalmaya başladığını gösteren ilk eğim değeri ($E1_{NTH}$) 1.63-3.05 aralığında değişim göstermiştir. Sur 93 çeşidi en düşük değerle su stresine en erken transpirasyon tepkisini verirken, Hevsel çeşidi ise en yüksek eğim değerine sahip olmuş ve en geç tepkiyi vermiştir. Artan su stresinin kademeli olarak devam etmesiyle birlikte stres koşuluna bitkinin transpirasyonunu kısıtladığını ifade eden TTSM eşik değerlerini gösteren kırılma noktası ($TTSM_{KN}$) bakımından da genotipler arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir.

Çizelge 4.1. TTSM-NTH Regresyon analiz sonuçları

Genotipler	Tekerrür	$E1_{NTH}$	SH	$TTSM_{KN}$	SH	R^2	N
Altıkat	4	2.655	0.1363	0.3646	0.013	0.95	75
Barış	4	2.476	0.1103	0.3915	0.012	0.94	72
Dicle Aday	4	2.636	0.1155	0.3676	0.115	0.95	76
Hevsel	4	3.056	0.1757	0.3200	0.012	0.93	74
Kendal	4	2.465	0.1518	0.4085	0.018	0.90	70
Önder	4	2.546	0.1510	0.3636	0.015	0.91	76
Sur 93	4	1.630	0.1482	0.5324	0.037	0.81	71

$E1_{NTH}$: TTSM'ye verilen transpirasyon tepkisinin ilk eğimi
$TTSM_{BP}$: Kırılma noktası
N : Toplam gözlem sayısı
SH : Standart hata

TTSM eşik değerleri 0.32-0.53 arasında bir değişim aralığına sahip olurken en yüksek eşik değeri Sur 93 çeşidinden elde edilmiş, Önder çeşidi en düşük eşik değerine sahip olan genotip olmuştur. Sur 93 çeşidi en yüksek $TTSM_{KN}$ değerine sahip olarak stres koşullarında toprak suyunu muhafaza etme yeteneğinde olan genotip olarak öne çıkmıştır.



Şekil 4.4. $E1_{NTH}$ ve $TTSM_{KN}$ arasındaki korelasyon

Burada eşik değerlerinin düşük ya da yüksek olması dönemsel kuraklık açısından önem arz etmektedir. Erken kırılma yani yüksek $TTSM_{KN}$ değerine sahip genotipler erken ve orta dönem kuraklığa tolerans iken, düşük eşik değeri geç dönem kuraklığa tolerans açısından önemlidir.

Şekil 4.4'de transpirasyon tepkisini karakterize eden parametreler olan $E1_{NTH}$ ve $TTSM_{KN}$ arasındaki ilişkiyi araştırmak için yapılan korelasyon analizinde özellikler arasında önemli olumsuz ilişki olduğu görülmektedir ($r = -0.9844$, $p<0.0001$). Düşük eğim değerine sahip olan genotiplerin yüksek $TTSM_{KN}$ değerine sahip oldukları görülmektedir.

TTSM değerleri toprakta transpirasyon için kullanılabilecek su miktarını temsil etmektedir. TTSM değerleri kademeli olarak arttırılan kuraklık stresi ile birlikte düşmekte ve belli eşik değerinden sonra toprak suyunun azalmasıyla bitki transpirasyonunu sınırlandırmaktadır.

Sinclair ve ark. (2010), yüksek TTSM eşiğinde transpirasyonunu sınırlandıran genotipleri kuraklığa toleranslı olarak tanımlamış ve bu özelliğin verim artışı ile sonuçlandığını bildirmişlerdir.

Devi ve ark. (2009), yüksek TTSM eşik değerlerine sahip genotipleri kuraklığa toleranslı olarak tanımlamıştır. Ancak TTSM eşik değerlerinin büyüklüğünden ziyade, hangi eşik değerinin maksimum transpirasyon etkinliği için uygun olduğunun tespit edilmesinin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Zaman-Allah ve ark. (2011a), su stresine kademeli olarak maruz kalma durumunda, toleranslı hatlardaki yüksek toprak nemindeki stoma kapanması ve transpirasyon oranındaki azalmanın toprak suyunun tükenmesini yavaşlattığını ve bunun daha sonraki aşamalar için toprak profilinde suyu muhafaza edeceğini ileri sürmüşlerdir.

Soltani ve ark. (2000), yağmura dayalı iki çevrede yaptıkları ürün simülasyon modellemesiyle, böyle bir özelliğin (yüksek $TTSM_{KN}$'de transpirasyon azalması) uzun süreli terminal kuraklık stresinde verim artışına katkıda bulunacağını göstermiş, başka bir araştırmada (Sinclair ve Muchow 2001) mısır bitkisinde verimliliği olumlu etkilediği bildirilmiştir.

Yüksek toprak neminde transpirasyonda bir azalma, bitkinin depolanmış toprak nemine bağımlı olduğu kurak ve yarı kurak ortamlarda daha fazla önem kazanacaktır. Böyle ortamlarda bu özellik vejetatif aşamada daha düşük transpirasyon hızıyla ve azaltılmış bir su kullanımına katkıda bulunacaktır. Toprakta muhafaza edilen su, daha sonra bitki tarafından yağış miktarının az olduğu generatif aşamada kullanılacak ve verim artışına katkı sağlayacaktır.

Kuraklık stresine tepkinin incelendiği çok sayıda araştırmada, $TTSM_{KN}$ değerleri yönünden değişik ürünlerde eşik değerlerinin genotipler arasında farklılık gösterdiği saptanmıştır. TTSM eşik değerleri buğday genotiplerinde 0.43-0.52 **(**Schoppach ve Sadok 2012), börülce genotiplerinde 0.44-0.70 (Belko ve ark. 2012), nohut genotiplerinde sera koşullarında 0.35-0.65, dış ortamdaki bitkilerde 0.25-0.43 (Zaman-Allah ve ark. 2011a), mısır genotiplerinde 0.30-0.35 (Ray ve ark. 2002), darı genotiplerinde 0.24-0.49 (Kholova ve ark. 2009) aralığında belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan arpa genotiplerinde gözlemlenen $TTSM_{KN}$ değerleri daha önce diğer ürünlerde ölçülen değerler ile yakınlık göstermektedir.

4.1.2. Transpirasyon Etkinliği (g biyokütle kg^{-1} transpirasyon)

Her birim su başına oluşturulan kuru madde miktarını temsil eden transpirasyon etkinliğine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2'de, ortalama değerler ve oluşan gruplar ise Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Transpirasyon etkinliğine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Tekerrür	3	0.71	0.24	0.41
Su Uygulaması	1	6.32	6.32	10.95*
Hata1	3	1.73	0.58	1.41
Genotip	6	36.04	6.01	14.63**
Genotip*Su Uyg.	6	4.12	0.69	1.67
Hata2	36	14.78	0.41	
Genel	55	63.71		
DK	1.92			

* %5 düzeyinde önemli, ** %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi, su uygulamaları arasındaki fark %5 düzeyinde önemli, genotip x su uygulaması interaksiyonu önemsiz bulunurken, birleştirilmiş analize göre genotipler arasındaki fark %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Transpirasyon etkinliğine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Genotip x Su uygulaması İnteraksiyonu			
Genotipler	İS	SS	Ortalama
Altıkat	2.22	2.44	2.33 c
Barış	3.20	3.98	3.59 b
Dicle Aday	3.84	4.69	4.26 a
Hevsel	2.03	2.68	2.36 c
Kendal	3.35	5.17	4.26 a
Önder	3.86	3.91	3.88 ab
Sur-93	2.49	2.83	2.66 c
Su Uygulaması	3.00 B	3.67 A	
AÖF	Genotip: 0.65**	Su Uyg.: 0.65*	Genotip x Su Uyg.: öd

* %5 düzeyinde önemli, ** %1 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi genotipxsu uygulaması interaksiyonu istatistik olarak önemsiz görülmekle beraber, iyi sulu koşullarda en yüksek transpirasyon etkinliği (TE) değerleri Dicle Aday ve Önder çeşitlerinden elde edilirken, en düşük Hevsel çeşidinden elde edilmiştir. Kademeli olarak oluşturulan su stresli koşullarda ise en yüksek TE değeri Kendal çeşidinden, en düşük değer Altıkat çeşidinden elde edilmiştir.

İyi sulu koşullarda yetiştirilen genotipler arasındaki TE değerleri birbirine yakın iken, su stresli koşullardaki genotipler arasındaki fark daha belirgindir. İS koşullarda TE'deki sınırlı varyasyon Sinclair ve ark. (1984)'nın elde ettiği değerlerle uyumlu olup araştırmacılara göre TE'de meydana gelen varyasyon bitki ürünlerinin bileşimi ve yapraklardaki CO_2'nin sürdürülebilirliği ile ilişkilidir. Başka bir araştırmada, su stresinde TE'yi etkileyebilecek stoma iletkenliği, fotosentez oranı, yaprak alanı gibi birçok fizyolojik ve morfolojik özellikler belirlenmiştir (Salih ve ark. 1999).

TE değerlerinin ölçüldüğü iki uygulama arasındaki toprak su statüsü farkı, genotipler arasındaki TE farklılıklarının ortaya çıkmasında büyük etkiye sahiptir. İS şartları ile kıyaslandığında SS şartlarında genotipler arasında oluşan daha geniş varyasyon toprakta azalan suyun TE üzerinde büyük etkisi olduğunu göstermektedir.

Araştırmada uygulamalar ve genotipler arasında TE değerleri bakımından geniş bir varyasyon olmaması, çalışmanın başaklanmadan sonra geç dönemde yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Başaklanma süresine kadar benzer koşullarda yetiştirilen bitkiler biyokütle üretimi bakımından da benzer değerlere sahip olmuşlardır (Çizelge 4.3). Araştırmada, TE biyokütle ve transpire edilen su miktarı verileri üzerinden hesaplandığı için; başaklanma sonrasındaki biyokütle üretiminin kısıtlı

olması, denemenin yürütüldüğü sera iklim koşullarının genotiplerin transpirasyon tepkisinde farklılık oluşturabilecek stres koşulunun sınırlı olması nedeniyle benzer transpirasyon tepkisinin sonucu olarak uygulamalar arasındaki varyasyon sınırlı olmuştur.

Devi ve ark. (2009), 17 yer fıstığı genotipi ile çiçeklenme başlangıcında yaptıkları benzer çalışmada, uygulamalar ve genotipler arasında İS şartlarında genotiplerin TE tepkilerinin benzer, SS ise önemli derecede farklılıklar olduğunu belirlemişlerdir. Araştırıcılar, iki uygulama arasındaki toprak su içeriğindeki farklılıkların TE değerlerini belirlemede büyük rol oynadığını, su stresli koşullarda bitkilerin TH oranlarında ve ürettikleri biyokütle miktarındaki farklılıklardan dolayı elde edilen TE değerlerinde daha geniş bir varyasyon olduğunu bildirmişlerdir.

Kholova ve ark. (2010), darı genotiplerinde yaptıkları çalışmada İS ve SS uygulamalarında, TE değerleri bakımından hem genotipler hem de uygulamalar arasındaki varyasyonun düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Araştırmada, SS bitkilerindeki TE değerlerinin İS'den yüksek olması bitkilerin stres koşullarında suyu daha etkin kullanmasından dolayısıyla stoma kapatmasından kaynaklanabilir.

4.1.3. Biyokütle(g)

Biyokütleye ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4'de, ortalama değerler ve oluşan gruplar ise Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Biyokütleye ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Tekerrür	3	5.11	1.70	0.11
Su Uygulaması	1	71.78	71.78	4.75
Hata1	3	45.30	15.10	1.08
Genotip	6	313.19	52.20	3.73**
Genotip*Su Uyg.	6	18.50	3.08	0.22
Hata2	36	503.68	13.99	
Genel	55	957.55		
DK	10.9			

** %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi, genotipler arasındaki fark %1 düzeyinde önemli bulunurken, su uygulaması ve genotipxsu uygulaması interaksiyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi genotipxsu interaksiyonu istatistiki olarak önemsiz görülmekle beraber, İS koşullarında en yüksek biyokütle üretim miktarı 38.4 g ile Barış çeşidinden elde edilirken, en düşük biyokütle değeri 28.6 g ile Altıkat çeşidinden elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Biyokütleye ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

	GenotipxSu uygulması İnteraksiyonu		
Genotipler	İS	SS	Ortalama
Altıkat	30.9	28.6	29.7 c
Barış	38.4	36.8	37.6 a
Dicle Aday	35.0	34.6	34.8 ab
Hevsel	34.9	32.4	33.7 b
Kendal	38.1	35.5	36.8 ab
Önder	35.4	33.5	34.5 ab
Sur-93	35.9	31.4	33.6 b
Su Uygulaması	35.5	33.2	
AÖF	Genotip : 3.79**	Su Uyg: öd	GenotipxSu Uyg : öd

** %1 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

İyi sulu koşullarda ise biyokütle üretimi bakımından 36.8 g ile Barış çeşidi ve 28.6 g ile Altıkat çeşidi öne çıkan genotipler olmuşlardır. Yapılan birleşik analize göre genotipler arasında %1 düzeyinde istatistiki önemde fark bulunmuş olup Barış çeşidi 37.6 g biyokütle miktarı bakımından öne çıkan çeşit olmuştur.

Kuraklık stresi altındaki tüm genotiplerde İS koşullarına göre biyokütle üretimi bakımından kısmi bir azalma olmuştur. Sur 93 çeşidi stres koşullarında biyokütle üretimini en çok azaltan genotip olurken, Dicle Aday çeşidi ise stres faktöründen en az etkilenen genotip olmuştur.

Kuraklık stresinin biyokütle verimi üzerine tepkisinin incelendiği çok sayıda araştırmada biyokütle üretimi arasındaki farklar ile genotiplerin biyokütle verimi yönünden tepkilerinin farklı olduğu saptanmıştır. Jamieson ve ark. (1994), kuraklık stresinin yaprak alan indeksini azaltarak biyokütle verimini azaltabileceğini, Hasanuzzaman ve ark. (2017) arpa genotiplerinin tek bitki biyokütle üretim değerlerinin İS'de 1.61-1.15 g, SS'de 0.56-0.47 g arasında değiştiğini, kuraklık stresinin biyokütle

üretimini önemli ölçüde azalttığını ve hassas genotiplerin daha fazla biyokütle üretme eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırmada elde ettiğimiz bulgularla uyumlu olarak, Zaman-Allah ve ark. (2011a), Belko ve ark. (2012) ve Kholova ve ark. (2009), sera koşullarında yaptıkları benzer çalışmalarda; kuraklık etkisinin biyokütle üretimini sınırlandırdığını, hem İS hem de SS koşullarında kuraklığa toleranslı genotiplerin hassas olanlara göre daha az biyokütle ürettiğini bildirmişlerdir.

Araştırmadan elde edilen bulgular kuraklığa tolerans ve hassasiyet açısından değerlendirdiğinde, genotipler arasında biyokütle değerlerinin benzer olması nedeniyle biyokütle değerleri ayırt edici bir özellik olarak belirlenmemiştir.

4.1.4. Klorofil İçeriği

Klorofil içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da, ortalama değerler ve oluşan gruplar ise Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Klorofil içeriğine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Tekerrür	3	1.54	0.51	0.24
Su Uygulaması	1	100.71	100.71	47.89**
Hata1	3	6.31	2.10	1.06
Genotip	6	337.32	56.22	28.23**
Genotip*Su Uyg.	6	6.60	1.10	0.55
Hata2	36	71.69	1.99	
Genel	55	524.18		
DK	3.0			

** %1 seviyesinde önemli

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi, birleştirilmiş analize göre su uygulamaları arasındaki fark %1, genotipxsu uygulaması interaksiyonu önemsiz bulunurken, genotipler arasındaki fark %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.7'de görüldüğü gibi genotiplerin SPAD klorofil değerleri İS koşullarında 43.90-51.18 SS koşullarında ise 43.88-48.70 arasında değişim göstermiştir. Hem İS hem de SS koşullarında en yüksek klorofil içeriği Altıkat ve Hevsel çeşidinden elde edilirken, en düşük değerler ise Dicle Aday hattından elde edilmiştir. Bu da, genotiplerin klorofil içeriği açısından yapılan çalışmada bir stabilite ve tutarlılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.7. Klorofil içeriğine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar

GenotipxSu uygulması İnteraksiyonu			
Genotipler	İS	SS	Ortalama
Altıkat	51.18	48.50	49.84 a
Barış	49.78	46.10	47.94 b
Dicle Aday	43.90	41.03	42.46 d
Hevsel	51.05	48.70	49.88 a
Kendal	46.53	44.35	45.44 c
Önder	47.35	43.88	45.61 c
Sur-93	48.03	46.48	47.25 b
Su Uygulaması	48.26 A	45.58 B	
AÖF	Genotip : 1.43**	Su Uyg: 1.23**	GenotipxSu Uyg: öd

** %1 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Klorofil, fotosentez için ışığı yakalayan ana unsur olup, yaprak klorofil içeriği fotosentez oranı ile olumlu ilişkilidir ve kurak koşullarda yüksek verimin sağlanması yüksek klorofil içeriğini daha uzun süre sürdürebilme yeteneğine bağlıdır (Guo ve ark. 2008). Stres koşullarında klorofil içeriği yüksek ve tane dolum döneminde klorofil içeriğini muhafaza edebilen genotipler kurağa toleranslı olarak tanımlanmıştır (Chandrasekar ve ark. 2000).

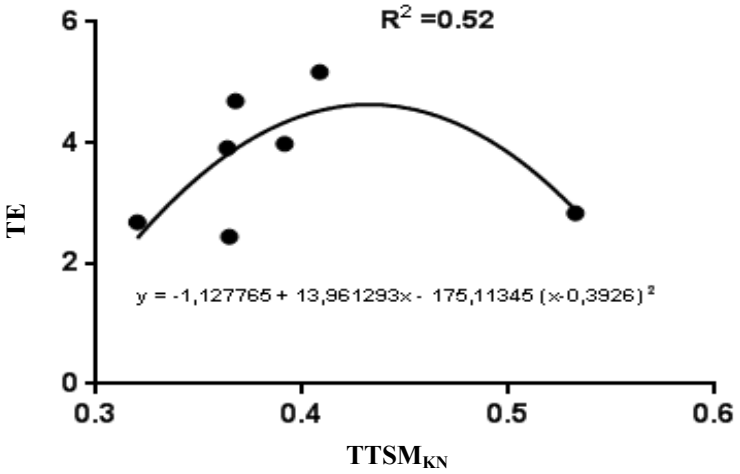
Tahıllarda kuraklık stresine tepkinin incelendiği çok sayıda araştırmada, yaprak klorofil içeriği yönünden genotipler arasındaki farklar ile genotiplerin klorofil içeriği yönünden kurağa tepkilerinin farklı olduğu saptanmıştır. Arpa genotiplerinin SPAD değerleri tane dolum döneminde kuru koşullarda sırasıyla 41.2-52.1 ve 37.6-52.9 (Kızılgeçi ve ark. 2016a; Kızılgeçi ve ark. 2016b), buğday genotiplerinde kurak koşullarda tane dolum döneminde 40.3- 55.6 (Lopes ve Reynolds 2012), sulu koşullarda çiçeklenme ve süt olum dönemlerinde sırasıyla 50.0-57.9 ve 45.3-56.4 (Xiao ve ark. 2012) aralığında belirlenmiştir. Su stresi koşullarının da etkisi dikkate alındığında, bu araştırmada ölçülen SPAD değerleri yukarıda sıralanan çoğu araştırma sonucu ile yakınlık göstermiştir.

Araştırmada toprak nem içeriğinin daha yüksek olduğu İS koşullarında daha yüksek SPAD değerleri ölçülmüştür. Barraclough ve Kyte (2001), yeterli toprak nemi koşullarında N çözünürlüğü ve N alımı artışı nedeniyle SPAD değerinin arttığını bildirmişlerdir.

Araştırmada elde ettiğimiz bulgularla uyumlu olarak, çok sayıda araştırıcı da kuru tarım veya kuraklık stresinin yaşandığı koşullarda, yapraklarda klorofil

teşekkülünün sulanan koşullara göre önemli derecede azaldığını tespit etmişlerdir (Sairam ve ark. 1997; Li ve ark. 2006).

TTSM Kırılma Noktası ve TE Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi



Şekil 4.5. TTSM kırılma noktası ve TE arasındaki ilişki

Şekil 4.5'te second order polynominal regrasyon modeli ile arpa genotiplerinin su stresli koşullarda TE değerleri ile $TTSM_{KN}$ değerleri arasındaki ilişkisi değerlendirilmiştir. İki değişken arasında zayıf bir korelasyon (R^2=0.52) tespit edilmiş, ancak bu ilişki linear regresyondan ziyade second-order polynominal regrasyon modeli ile daha iyi tanımlanmıştır. Şekil 4.5'te görüldüğü gibi regrasyon analiz sonuçları maksimum TE değerinin 0.41 TTSM eşik değerinde olduğunu göstermektedir. NTH için TTSM kırılma noktası yüksek olan genotiplerin belli bir aşamadan sonra TE değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Kuraklık koruma mekanizması olarak yüksek kırılma eşik değerine sahip genotipler bir taraftan kuraklığa dayanıklı kabul edilirken, diğer taraftan transpirasyon etkinliğinin düşmesi nedeniyle 0.45 değerinden büyük olmaması bu açıdan biyokütle artışını da garanti edecektir.

Elde ettiğimiz bulgular, Devi ve ark. (2009) tarafından bulunan değerlerle benzerlik göstermekte ancak, TE ve $TTSM_{KN}$ arasında ilişki olmadığını belirten Belko ve ark. (2012) ve güçlü olumsuz ilişki (R^2=0.88) olduğunu tespit eden Devi ve ark. (2011)'den farklıdır.

Devi ve ark. (2009)'na göre maksimum TE ve optimum $TTSM_{KN}$ noktalarına yakın yerde yer alan genotipler erken stoma kapatma özelliği sayesinde transpirasyonu

sınırlayarak toprak suyunu muhafaza edebilirler. Maksimum TE için optimum TTSM eşiği çevre şartlarına, kuraklığın şiddet ve süresine bağlıdır. Herhangi bir lokasyonda veya stres koşulunda hangi eşik değerinin maksimum TE ve verim artışı için daha uygun olduğunu belirlemek uzun dönemli çevresel değerlendirme yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Araştırma kullanılan genotipler TE ve $TTSM_{KN}$ açılarından değerlendirildiğinde Kendal çeşidi maksimum TE ve optimum $TTSM_{KN}$ noktalarına yakın yerde yer alarak diğer genotiplere göre toprak suyunu etkin kullanan genotip olarak öne çıkmıştır. Bitki materyali olarak kullandığımız genotiplerde daha önce kuraklık çalışması yapılmadığı için optimum $TTSM_{KN}$ ve TE değerlerinin tarla şartlarında yapılacak kuraklık uygulamaları ile doğrulanması gerekmektedir.

4.2. BBA Denemesi

4.2.1 Transpirasyon Hızı (g H_2O m^{-2} s^{-1})

Araştırmada kullanılan genotiplerin toplam yaprak alanı, toplam transpirasyon, en yüksek BBA'daki transpirasyon hızı ve yaprak alanı tarafından açıklanmayan artan transpirasyon hızı Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Toplam yaprak alanı ve transpirasyon hızları

Genotip	Toplam Yaprak Alanı (cm^2)	Toplam Transpirasyon (g)	Artan TH	Yüksek BBA'da TH
Hevsel	1501.3 a	152.43	-4.30	31.3
Barış	1292.6 ab	166.50	15.65	46.2
Sur 93	1204.4 bc	142.35	-6,02	47.4
Önder	1140.4 bc	134.95	-11.61	46.3
Kendal	1190.2 bc	150.78	2.81	47.6
Altıkat	988.2 c	148.33	6.05	50.0
Dicle Aday	1011.0 bc	140.33	-2.59	47.1
	AÖF: 281.9*	AÖF: $40.37^{öd}$		

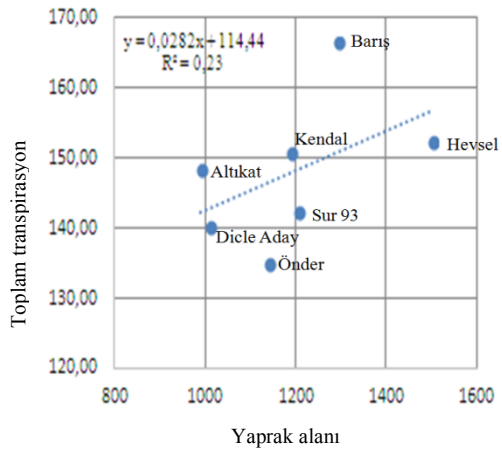
* %5 seviyesinde önemli, öd: önemli değil

Toplam yaprak alanı bakımından araştırmada kullanılan arpa genotipleri arasında %5 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuş ve değerler 988.2-1501.3 cm^2 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek yaprak alanına Hevsel çeşidi sahip olurken, en düşük yaprak alan değeri Altıkat çeşidinden elde edilmiştir. Ancak genotiplerin yaprak alanı bakımından göstermiş olduğu bu varyasyon, incelenen genotiplerin değişen BBA şartlarında TH yanıtlarını karakterize eden (Çizelge 4.9) herhangi bir parametreyle (eğim, kırılma noktaları ve intercept) korelasyon göstermemiştir. Bu nedenle

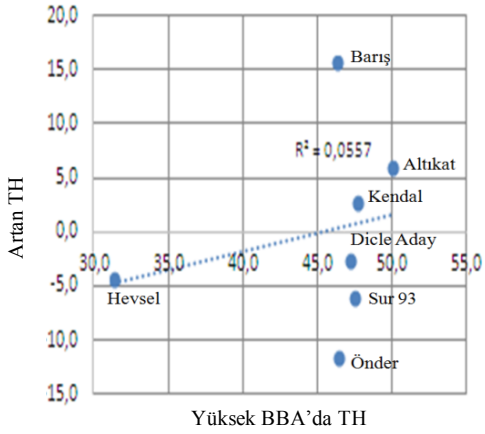
gözlemlenen yanıtlar bitki büyüklüğünden veya çevreden bağımsız bir genotipik özellik olarak düşünülebilir.

Genotiplerin BBA denemesi süresince transpirasyonla kaybettikleri su miktarları açısından genotipler arasında istatistikî önemde fark olmamasına rağmen, transpirasyon ile en fazla su kaybeden çeşit Barış iken en az su kaybeden Önder çeşidi olmuştur.

Şekil 4.6'da yaprak alanı ve toplam transpirasyon arasındaki ilişki görülmektedir. Toplam yaprak alanı ile toplam transpirasyon miktarı arasında doğrusal ancak zayıf bir ilişki (R^2= 0.23) tespit edilmiştir. Bu durumda genotiplerin transpirasyon tepkilerini yaprak alanından bağımsız genotipik bir özellik olarak düşünmek mümkündür. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi Hevsel çeşidinin toplam yaprak alanı Barış çeşidinden daha fazla olmasına rağmen, toplam transpirasyon miktarı bakımından Barış çeşidine göre daha az su kaybettiği görülmektedir.



Şekil 4.6. Yaprak alanı x transpirasyon ilişkisi



Şekil 4.7. Artan TH x Yüksek BBA'da TH ilişkisi

Yaprak alanı tarafından açıklanmayan artan transpirasyon oranları -11.61 ile 15.65 gibi geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Önder, Hevsel, Sur 93 ve Dicle Aday çeşitleri artan TH açısından en düşük değerlere sahip olmuşlardır. Ancak bu çeşitler arasında Hevsel çeşidinin yüksek BBA koşullarında (3.3 kPa) daha düşük transpirasyon oranına sahip olması stres durumunda stomalarını kapattığını ve diğer genotiplere göre kuraklık koşullarına diğer genotiplere göre daha toleranslı olduğunu göstermektedir (Şekil 4.7).

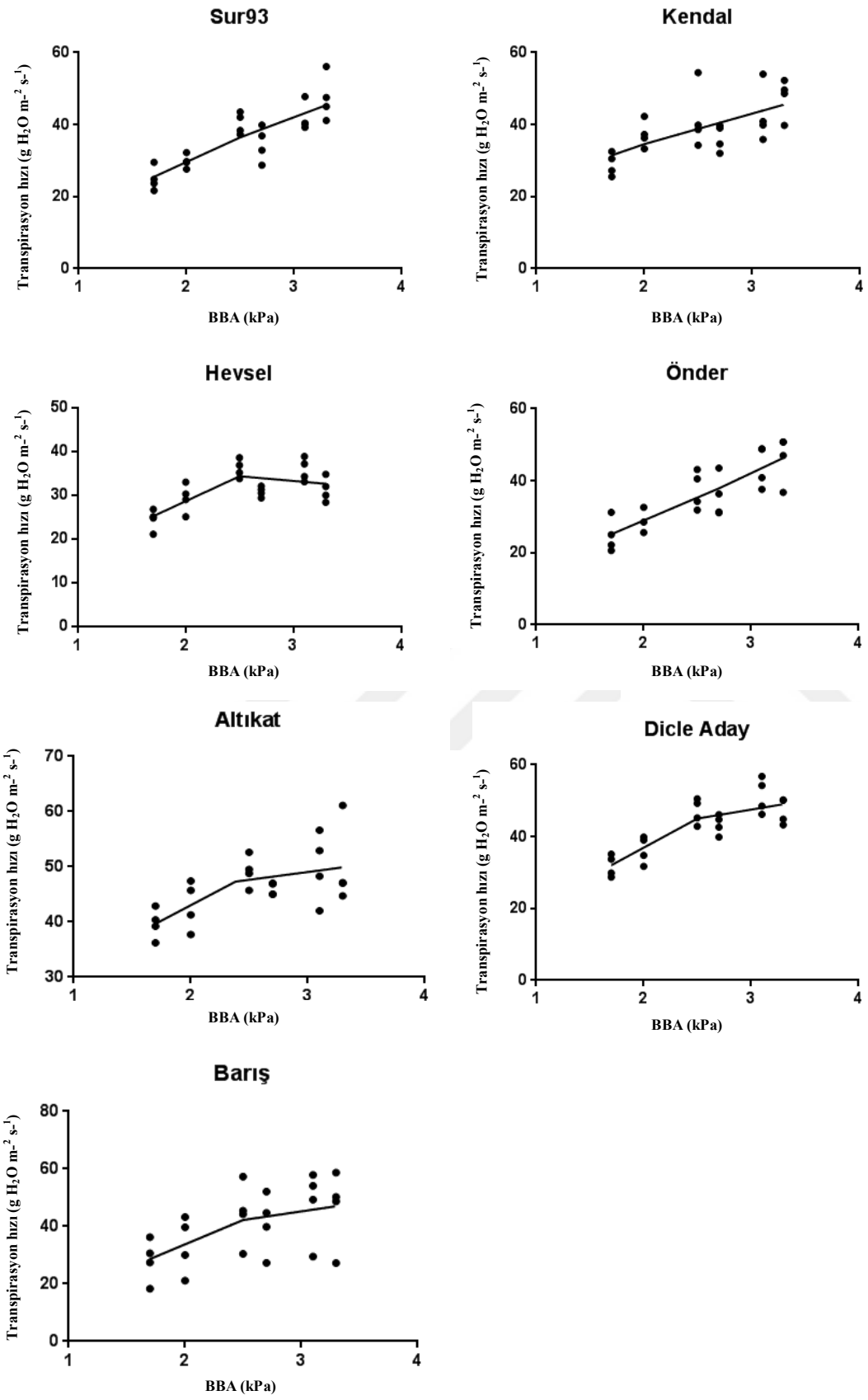
Araştırmada kullanılan genotiplerin artan BBA'da transpirasyon tepkilerinin gösteren regresyon analiz sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. BBA denemesi regresyon analiz sonuçları

Genotip	Kırılma Noktası		Y-İntercept		E1		E2		R^2
	Değer	SH	Değer	SH	Değer	SH	Değer	SH	
Altıkat	2.38	0.7	20.7	20.2	11.1	10.9	3.65	3.6	0.44
Barış	2.5	1.3	-0.16	30.3	16.9	15.8	5.99	11.6	0.33
Hevsel	2.5	0.3	5.80	9.1	11.4	4.8	-2.17	3.5	0.56
Kendal	-	-	15.9	5.7	9.0	2.1	-	-	0.44
Önder	-	-	2.12	4.7	13.3	1.8	-	-	0.71
Sur 93	-	-	4.2	4.3	12.7	1.6	-	-	0.72
Dicle Aday	2.5	0.5	4.49	11.9	16.2	6.2	4.97	4.58	0.74

Çizelge 4.9' da görüldüğü gibi genotiplerin artan BBA koşullarına transpirasyon tepkisi genotipler arasında değişim göstermiştir. Segmentli regresyon analizi ile Altıkat, Barış, Dicle Aday hattı ve Hevsel çeşitlerinde 2.38-2.5 kPa arasında değişen bir kırılma noktası (BBA_{KN}) olduğu belirlenmiştir. Diğer 3 genotipte ise artan BBA koşullarına karşı linear bir transpirasyon tepkisi meydana gelerek kırılma noktası oluşmamıştır. Bu genotiplerin sadece ($E1_{TH}$) değerleri linear regresyon yöntemiyle tanımlanmıştır.

Bu kırılma noktaları için, segmentli regresyon R^2 değerleri 0.33 ile 0.74 arasında değişmiştir. Kırılma noktasının altındaki eğim ($E1_{TH}$) ve kırılma noktasının üstündeki eğim ($E2_{TH}$) değerleri incelenen genotipler arasında farklılık göstermiştir. $E1_{TH}$ değerler 9.0 ile 16.9 g H_2O m^{-2} s^{-1}, $E2_{TH}$ değerleri ilk eğim değerlerine göre daha düşük bulunmuş ve -2.17 ile 5.99 g H_2O m^{-2} s^{-1} arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.9). Hevsel çeşidi dışında araştırmada kullanılan genotipler pozitif eğim değerlerine sahip olmuşlardır.



Şekil 4.8. Artan BBA'ya genotiplerin transpirasyon tepkisi

Araştırmada kullanılan 7 arpa genotipinin 4'ünde gözlenen BBA kırılma noktası değerleri Comstock ve Ehleringer (1993); Fletcher ve ark. (2007); Sinclair ve ark. (2008); Devi ve ark. (2010) ; Schoppach ve Sadok (2012); Gholipoor ve ark. (2013) ; Ryan ve ark. (2016); Guiguitant ve ark. (2017); Schoppach ve ark. (2017) gibi araştırıcılar tarafından birçok üründe gözlenen BBA_{KN} değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Bir kırılma noktasına sahip olan genotipler, kırılma noktasının aşıldığı yüksek BBA koşullarında transpirasyonu kısıtlayarak toprak suyunu muhafaza etmektedirler. Gholipoor ve ark. (2010), bu özelliği kurak ve yarı kurak alanlarda, su eksikliğinin yaşandığı bitki gelişme dönemlerinde verimi arttırıcı bir özellik olarak tanımlamışlardır.

Genotiplerin artan BBA'ya karşı tepki olarak oluşturduğu transpirasyon kısıtlamasının hangi bitki özelliğinden kaynaklandığı değişik araştırıcılar tarafından incelenmiştir. Gholipoor ve ark. (2010), sorgum genotipleri ile yaptıkları çalışmada, su stresli koşullarda verim açısından öne çıkan genotiplerde herhangi bir kırılma noktasının oluşmadığı, dolayısıyla verimin tek başına yüksek BBA'da sınırlı transpirasyon özelliğini tanımlamada yetersiz kalacağını bildirmişlerdir. Araştırıcılar su stresli ve iyi sulu koşullarda kıyaslama yapılarak, verime dayalı yapılacak seleksiyon çalışmalarının kuraklığa dayanımı iyi olan genotipleri seçmede yetersiz kalacağını belirtmektedirler. Ancak yaprak yeşil kalma süresi uzun olan genotipler ile bitki örtüsü sıcaklığını daha serin tutan genotiplerde yapılan çalışmada transpirasyonu kısıtlayan bir kırılma noktası oluştuğu aynı araştırıcılar tarafından bildirilmiştir.

Sinclair ve ark. (2008), BBA_{KN}'yi soya fasulyesi genotipinde (PI 416937) yapraktaki ksilemden koruyucu hücrelere su akışını kısıtlayan sınırlayıcı hidrolik iletkenliğe bir cevap olarak yorumlamıştır.

Sadok ve Sinclair (2010), tarafından yapılan bir çalışmada, soya fasulyesinde BBA_{BP} varlığının, $AgNO_3$'e duyarlı yaprak su aquaporin popülasyonunun eksikliği ile sınırlı yaprak hidrolik iletkenliğinin ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir. Bu özellik, yüksek BBA'da TH'deki azalmanın %25-50'sini oluşturmuştur (Sadok ve Sinclair 2010b).

(King ve ark. 2009)'a göre soya fasulyesi yapraklarındaki gümüş duyarlı popülin populasyonunun yokluğunda su akışının bitkinin yüksek BBA'da sabit bir TH'ye sahip

olmasına, yani bir BBA_{KN} sahip olarak transpirasyonunu sınırlandırılmasına dayandırmışlardır.

Parent ve ark. (2009), transgenik mısır hatlarını incelemişlerdir. Düşük absisik asitli transgenik hatlar, köklerdeki hidrolik iletkenliği kısıtlamış ve bu da daha düşük bitki transpirasyon oranları ile sonuçlanmıştır. Araştırıcılar düşük hidrolik iletkenliği, azaltılmış NCED (9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase) gen etkisi ve PIP aquaporin izoformları için ölçülen protein içeriği ile ilişkilendirmişlerdir.

Bu çalışmada kullanılan arpa genotiplerine ait BBA_{KN} mekanizmasının varlığı, bitkinin hangi özelliğinden kaynaklandığı bilinmemektedir. Bir ihtimal şu ki; bu genotiplerde hem yapraklarda hem de köklerde hidrolik iletkenlik sınırlayıcı olabilir. Bu yüzden genotiplerle ilgili kesin bir yargıya varmak için, ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Artan BBA koşullarında bir kırılma noktasından sonra transpirasyonunu sınırlandıran genotipler, kurak ve yarı kurak ortam koşulları için çok uygun olabilir. Bununla birlikte, bu genotiplerin stoma kapanmasından dolayı bu koşullar altında sınırlı CO_2 asimilasyonu da olacaktır. Böylelikle, bu tür genotiplerin yavaş büyüyecek olması ve iyi sulanan koşullar altında düşük verimli olması muhtemeldir.

Toprakta bitki için yarayışlı su miktarı yüksek iken düşük BBA_{KN}, bitkinin ileriki gelişme dönemlerinde kullanılmak üzere suyun muhafazasını sağlamaktadır. Bu araştırmanın sonuçları, arpa genotiplerinin su eksikliği koşullarında verimi arttırmak için bir yol olarak toprak suyunu muhafaza edebilen genotiplerin seçilebileceğini göstermektedir.

4.3 Verim ve Verim Öğeleri Denemesi

4.3.1. Başaklanma gün sayısı (gün)

Başaklanma gün sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'da, ortalama değerler ve oluşan gruplar ise Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Başaklanma gün sayısına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip	6	2177.21	362.87	77.04**
Tekerrür	3	26.96	8.99	1.91
Hata	18	84.79	4.71	
Toplam	27	2288.96		
DK	1.70			

** %1 seviyesinde önemli

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi, başaklanma gün sayısı bakımından genotipler arası farklılık %1 düzeyinde önemli bulunmuş 116.5-138.8 gün arasında değişim göstermiştir. Başaklanma gün sayısı bitkilerin çıkış yaptığı tarihten itibaren hesaplanmıştır. Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi en geç başaklanan çeşit Barış olurken, en erken başaklanan Dicle Aday hattı olmuştur.

Çizelge 4.11. Başaklanma gün sayısı, bitki boyu ve başak uzunluğuna ait ortalama değerler

Genotipler	Başaklanma Gün Sayısı (gün)	Bitki Boyu (cm)	Başak Uzunluğu (cm)
Altıkat	120.5 c	120.0 ab	6.9 d
Barış	138.8 a	95.0 cd	11.0 a
Dicle Aday	116.5 d	113.8 b	5.1 e
Hevsel	121.8 c	101.3 c	8.3 c
Kendal	138.3 ab	116.3 b	8.1 c
Önder	121.3 c	127.5 a	8.1 c
Sur-93	135.3 b	91.3 d	10.1 b
AÖF (0.05)	3.22**	9.35**	0.69**

** %1 seviyesinde önemli

Arpada yapılan araştırmalarda Akıncı ve ark. (1999); Kandemir (2004); Karahan (2005) başaklanma süresi bakımından arpa genotipleri arasında önemli farklılıklar olduğunu tespit etmiş, bu durumun oluşmasında genotip ve çevrenin birlikte etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Çölkesen ve ark. (1999), başaklanma gün sayısının 145 gün ile 154 gün arasında; Ülker ve ark. (1999), 205 gün ile 213 gün arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

4.3.2. Bitki Boyu (cm)

Bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12'de, ortalama değerler ve oluşan gruplar ise Çizelge 4.11'de verilmiştir

Çizelge 4.12. Bitki boyuna ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip	6	4435.71	739.29	18.63**
Tekerrür	3	135.71	45.24	1.14
Hata	18	714.29	39.69	
Toplam	27	5285.71		
DK	5.76			

** %1 seviyesinde önemli

Çizelge 4.12'de görüldüğü gibi, bitki boyu bakımından genotipler arasında %1 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuş ve değerler 91.3-127.5 cm arasında değişim göstermiştir. Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi en kısa boylu çeşit Sur 93 olurken, en uzun boylu çeşit Önder olmuştur.

Bitki boyu uzadıkça genotiplerin yatma oranı artmakta ve durum hasat döneminde hasat kayıplarını arttırmaktadır. Yatmaya dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarında bitki boyu arpada önemli bir özelliktir. Ekolojiye ve bitki besleme şartlarına bağlı olarak bitki boyunda önemli değişiklikler olabilmektedir.

Whitman ve ark. (1985), bitki boyu çevresel faktörlerden etkilense de daha çok genotipe bağlı bir özellik olduğunu bildirmiştir. Bu araştırmadan elde edilen bitki boyuna ilişkin değerlerin farklı şartlarda yürütülen Kılınç ve ark. (1992); Turgut ve ark. (1997) ve Kendal ve ark. (2014) gibi araştırmacıların bulguları ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

4.3.3. Başak Uzunluğu (cm)

Başak uzunluğuna ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'de, ortalama değerler ve oluşan gruplar ise Çizelge 4.11'te verilmiştir

Çizelge 4.13. Başak uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip	6	89.50	14.92	68.21**
Tekerrür	3	1.43	0.48	2.18
Hata	18	3.94	0.22	
Toplam	27	94.87		
DK	5.68			

** %1 seviyesinde önemli

Çizelge 4.13'de görüldüğü gibi, başak uzunluğu bakımından genotipler arasında %1 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuş ve değerler 5.1-11.0 cm arasında değişim göstermiştir. Çizelge 4.11'te görüldüğü gibi en kısa başak boyuna sahip çeşit Dicle Aday hattı olurken, en uzun başak boyuna sahip çeşit Barış olmuştur.

Başak uzunluğu büyük ölçüde genetik faktörler tarafından belirlenmesine rağmen çevre şartlarının da başak boyu üzerine önemli bir etkisi vardır. Kaydan ve Yağmur (2007) arpada başak boyunun yıllara göre değişim gösterdiğini yağış miktarı fazla olan yıllarda başak boyunun daha uzun olduğunu bildirmişlerdir.

Arpa çeşitlerinde belirlenen başak uzunluğu ortalamalarına ilişkin bulgularımız, Konya ekolojik şartlarında farklı arpa çeşitlerinde başak uzunluğunun 5.85-8.02 cm arasında değiştiğini belirten Topal (1997), Kahramanmaraş ve Şanlıurfa koşullarında başak uzunluğunu 7.53-9.44 cm arasında belirleyen Çölkesen ve ark. (2002)'nın bulguları ile paralellik göstermektedir.

4.3.4. Başakta Tane Sayısı (adet)

Başak tane sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14'te, ortalama değerler ve oluşan gruplar ise Çizelge 4.15'te verilmiştir

Çizelge 4.14. Başakta tane sayısına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip	6	759.94	126.66	13.68**
Tekerrür	3	31.62	10.54	1.14
Hata	18	166.71	9.26	
Toplam	27	958.27		
DK	11.4			

** %1 seviyesinde önemli

Çizelge 4.14'te görüldüğü gibi, başakta tane sayısı bakımından genotipler arasında %1 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuş ve değerler 21.8-35.4 adet arasında değişim göstermiştir. Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi Altıkat çeşidi başakta tane sayısı en çok olan çeşit olurken, iki sıralı başak yapısına sahip olan Önder, Hevsel, Sur 93 ve Barış çeşitleri aynı grupta yer almışlardır.

Başaktaki tane sayısı genetik bir faktör olmakla beraber çevre şartlarından önemli derecede etkilenen bir özelliktir. Araştırıcılar genel kanı olarak başaktaki tane sayısında yapılacak birim miktar artış ile tane veriminin artırılabileceğini ve tane verimi ile başaktaki tane sayısı arasında olumlu bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir (Savin ve Slafer 1991; Fischer 1993; Sayre ve ark. 1997). Ayrıca üretim sezonu içerisinde yağış miktarının yetersiz olması veya kuraklık stresinin yaşanmasından dolayı başaktaki tane sayının olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (Reynolds ve ark. 2002).

Karaman (2017)'a göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında başakta tane sayısının yüksek olması hedefleniyorsa çiçeklenme dönemi, yüksek sıcaklıkların görüldüğü döneme denk gelmeyen genotipler seçilmelidir.

Arpa çeşitlerinde başakta tane sayısı ortalamalarına ilişkin elde edilen sonuçlar, Diyarbakır koşullarında başakta tane sayısının 16.95-53.22 adet arasında değiştiğini bildiren Akıncı ve ark. (2001) ve Kahramanmaraş koşullarında başakta tane sayısının 21.7-46.9 adet olarak belirlediğini bildiren Çölkesen ve ark. (1999)'nın bulguları ile uyum göstermektedir.

Çizelge 4.15. Başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı ve başak verimine ait ortalama değerler

Genotipler	Başakta Tane Sayısı (adet)	Başak Verimi (g/başak)	Bin Tane Ağırlığı (g)
Altıkat	35.4 a	1.48 b	37.0 cd
Barış	23.4 c	0.95 de	44.4 b
Dicle Aday	29.1 b	1.52 b	39.3 c
Hevsel	24.2 c	1.26 c	50.1 a
Kendal	32.3 ab	1.80 a	35.6 d
Önder	20.7 c	0.81 e	43.4 b
Sur-93	21.8 c	1.01 d	45.7 b
AÖF (0.05)	4.5**	0.16**	2.44**

** %1 seviyesinde önemli

4.3.5. Başak Verimi (g/başak)

Başak verimine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da, ortalama değerler ve oluşan gruplar ise Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.16. Başak verimine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip	6	3.09	0.52	46.02**
Tekerrür	3	0.11	0.04	3.13
Hata	18	0.20	0.01	
Toplam	27	3.40		
DK	8.4			

** %1 seviyesinde önemli

Çizelge 4.16'da görüldüğü gibi, başak verimi bakımından genotipler arasında %1 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuş ve değerler 0.95-1.80 g arasında değişim göstermiştir. Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi Kendal çeşidi başak verimi bakımından öne çıkan çeşit olurken, Önder çeşidi en düşük değere sahip olmuştur.

Başak verimi bakımından çeşitler arasında görülen bu farklılık gerek başakta tane sayısında gerekse bin tane ağırlığında meydana gelen değişimlerin bir sonucudur. Başaktaki tane ağırlığının iklim faktörleri ile değişim gösterebildiği ve özellikle nemli ortam koşullarında arttığı Çölkesen ve ark. (2003) tarafından da bildirilmektedir

Başak verimine ilişkin bulgularımız, Diyarbakır koşullarında farklı arpa çeşitlerinde başak veriminin 0.54-1.35 g arasında değiştiğini bildiren Akıncı ve ark. (2001)'nın, Bursa ekolojik koşullarında arpa çeşitlerinin başak verimlerinin 0.53–1.71 g arasında değiştiğini bildiren Taş ve ark. (2001)'nın sonuçları ile uyum göstermektedir.

4.3.6. Bin Tane Ağırlığı (g)

Bin tane ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de, ortalama değerler ve oluşan gruplar ise Çizelge 4.15'te verilmiştir

Çizelge 4.17. Bin tane ağırlığına ait varyans analiz sonuçları

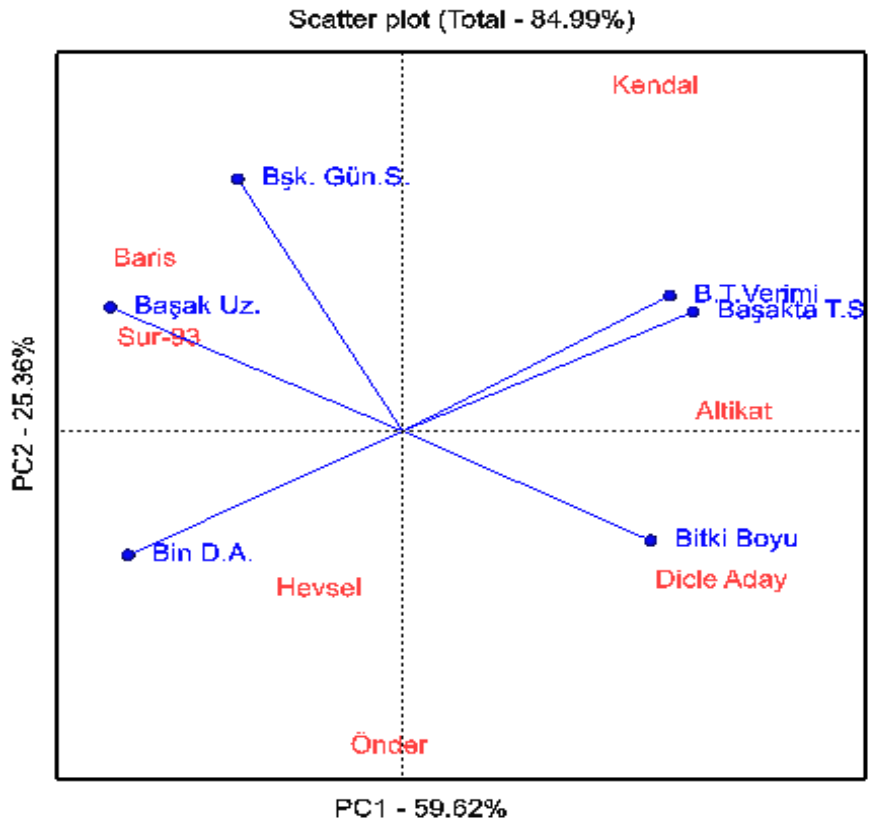
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genotip	6	636.74	106.12	39.37**
Tekerrür	3	6.30	2.10	0.78
Hata	18	48.52	2.70	
Toplam	27	691.56		
DK	3.89			

** %1 seviyesinde önemli

Çizelge 4.17'de görüldüğü gibi, bin tane ağırlığı bakımından genotipler arasında %1 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuş ve değerler 35.6-50.1 g arasında değişim göstermiştir. Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi Hevsel çeşidi bin tane ağırlığı bakımından öne çıkan çeşit olurken, Kendal çeşidi en düşük değere sahip olmuştur.

Bin tane ağırlığına ilişkin bulgularımız, Kahramanmaraş ve Şanlıurfa koşullarında bin tane ağırlığının 37.14-50.49 g arasında değiştiğini bildiren Çölkesen ve ark. (2002)'nın**,** Çukurova koşullarında bin tane ağırlığı yönünden arpa çeşitleri arasında önemli farklılıkların oluştuğunu belirleyen Kırtok ve ark. (1987)'nın, Erzurum'da 15 arpa çeşidi ile yürüttükleri çalışmalarında bin tane ağırlığının 38.9-52.8 g arasında olduğunu bildiren Öztürk ve ark. (1997)'nın bulguları ile desteklenmektedir.

Araştırıcıların farklı görüşleri ileri sürmelerinden de anlaşılacağı gibi, bin tane ağırlığı çevre koşullarından fazlaca etkilenmektedir. Nitekim bin tane ağırlığının çeşit özelliği olmasına rağmen yıllara ve iklim şartlarına göre değişiklik gösterebileceği Kırtok ve Çölkesen (1985), Kırtok ve Genç (1980) ve Geçit (1988) tarafından da bildirilmiştir.



Şekil 4.9. Genotipler-Özellikler arası ilişkinin biplot analiz yöntemiyle değerlendirilmesi

Genotipler ile incelenen özellikler arası ilişkileri görsel olarak inceleme ve değerlendirme esasına dayalı Biplot analizi yöntemi son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Yan ve Kang 2003; Akçura ve Topal 2009; Kılıç ve ark. 2012; Tekdal ve ark. 2014).

PC1 ve PC2 değerlerinden oluşan Biplot grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir. Toplam varyasyonun %59.62'i PC1 ve %25.36'sı ise PC2 tarafından temsil edilmiştir. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi başak verimi ile başakta tane sayısı ve başak uzunluğu ile başaklanma gün sayısı arasında önemli pozitif korelasyon bulunmaktadır. Başak uzunluğu ve başaklanma gün sayısı bakımından Sur 93 ve Barış, başakta tane sayısı ve verim açısından Kendal ve Altıkat çeşitleri, bin dane ağırlığı bakımından Hevsel, bitki boyu bakımından Dicle Aday hattı öne çıkan genotip olmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, 6 tescilli çeşit ve bir ileri arpa hattından oluşan toplam 7 arpa genotipi kullanılarak 2 farklı deneme ile verim ve verim öğelerinin değerlendirildiği deneme olmak üzere toplam 3 deneme seti şeklinde yürütülmüştür. Transpirasyon ölçümü ile ilgili denemelerde, genotipler transpirasyonun kısıtlandığını gösteren TTSM eşiği, transpirasyon hızı, transpirasyon etkinliği, klorofil içeriği, toplam yaprak alanı, üretilen biyokütle miktarı esas alınarak kuraklığa dayanım yönünden değerlendirilmiştir. Buna göre araştırma sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

5.1. Kurağa Maruz Bırakma ve Su Bütçesi Ölçümü Denemesi

TTSM denemesi süresince İS koşullarında Kendal, Hevsel ve Sur-93 çeşitleri transpirasyonla en fazla su kaybeden genotipler olmuşlardır. Ancak Sur-93 çeşidi İS koşullarında transpirasyonu kısıtlayarak İS'deki sonucun aksine en az su kaybeden genotip olmuştur.

Transpirasyonun azalmaya başladığını gösteren ilk eğim değeri ($E1_{NTH}$) bakımından Sur 93 çeşidi en düşük değerle su stresine en erken transpirasyon tepkisini gösterirken, Hevsel çeşidi en yüksek eğim değerine sahip olmuş ve en geç tepkiyi vermiştir.

Kademeli olarak arttırılan kuraklık etkisine karşı genotiplerin transpirasyonu kısıtladığını gösteren TTSM eşik değerleri yönünden en yüksek değer Sur 93 çeşidinden elde edilmiş, Önder çeşidi en düşük değere sahip olmuştur. En yüksek eşik değerine sahip Sur 93 çeşidi, su stresi koşullarında toprak suyunu muhafaza etme yeteneği yönünden öne çıkmıştır.

İyi sulu koşullarda en yüksek transpirasyon etkinliği (TE) değeri Dicle Aday ve Önder çeşitlerinden elde edilirken, en düşük değer Hevsel çeşidinden elde edilmiştir. Kademeli olarak oluşturulan su stresi koşullarında ise TE değeri en yüksek Kendal çeşidinden, en düşük Altıkat çeşidinden elde edilmiştir.

İS ve SS koşullarının her ikisinde de biyokütle üretimi bakımından Barış ve Altıkat öne çıkan genotipler olmuşlardır. Kuraklık stresi altında tüm genotiplerde İS koşullarına göre biyokütle üretimi bakımından kısmi bir azalma olduğu görülmüştür.

Hem İS hem de SS koşullarında en yüksek klorofil içeriği Altıkat ve Hevsel çeşidinden elde edilmiş, kuraklık etkisi ile tüm genotiplerde klorofil miktarının düştüğü belirlenmiştir.

5.2. Buhar Basıncı Açıklığı Denemesi

Toplam yaprak alanı bakımından araştırmada kullanılan arpa genotipleri arasında Hevsel çeşidi en yüksek yaprak alanına sahip olurken en düşük yaprak alan değeri Altıkat çeşidinden elde edilmiştir. Ancak genotiplerin yaprak alanı bakımından göstermiş olduğu varyasyon, incelenen genotiplerin değişen BBA şartlarında TH yanıtlarını karakterize eden herhangi bir parametreyle (eğim, kırılma noktaları ve intercept) korelasyon göstermemiştir.

Yaprak alanı tarafından açıklanmayan artan transpirasyon oranları açısından Önder, Hevsel, Sur 93 Dicle Aday en düşük değerlere sahip olmuşlardır. Ancak bu genotipler arasında Hevsel çeşidi yüksek BBA'da (3.3 kPa) daha düşük transpirasyon hızına sahip olduğu için, kuraklığa diğer genotiplere göre daha toleranslı olduğu söylenebilir.

BBA denemesi süresince transpirasyonla kaybedilen su miktarları açısından genotipler arasında en fazla su kaybeden çeşit Barış iken en az su kaybeden Önder çeşidi olmuştur.

Genotiplerin artan BBA koşullarına transpirasyon tepkisi olarak Altıkat, Barış, Dicle Aday hattı ve Hevsel genotiplerinde 2.38-2.5 kPa arasında değişen bir kırılma noktası (BBA_{KN}) olduğu belirlenmiştir. Diğer üç genotipte ise artan BBA'ya karşı doğrusal bir transpirasyon tepkisi meydana gelmiştir.

5.3. Verim ve Verim Öğeleri Denemesi

Başaklanma gün sayısı 116.5-138.8 gün; bitki boyu 91.3-127.5 cm; başak uzunluğu 5.1-11.0 cm; başakta tane sayısı 21.8-35.4 adet; başak verimi 0.95-1.80 g; bin tane ağırlığı 35.6-50.1 g arasında değişim göstermiştir. Araştırma sonucunda; başak verimi bakımından Kendal; başaklanma gün sayısı ve başak boyu bakımından Barış; bin tane ağırlığı bakımından Hevsel; bitki boyu açısından Önder; başakta tane sayısı bakımından Altıkat öne çıkan genotipler olarak belirlenmiştir

Sonuç olarak, araştırmada kullanılan genotipler TE ve $TTSM_{KN}$ açılarından değerlendirildiğinde Kendal çeşidi maksimum TE ve optimum $TTSM_{KN}$ noktalarına yakın yerde yer alarak diğer genotiplere göre toprak suyunu etkin kullanan genotip olarak öne çıkmıştır. Maksimum TE için optimum TTSM eşiği çevre şartlarına, kuraklığın şiddet ve süresine bağlıdır. Herhangi bir lokasyonda veya stres koşulunda hangi eşik değerinin maksimum TE ve verim artışı için daha uygun olduğunu belirlemek uzun dönemli çevresel değerlendirme yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bitki materyali olarak kullandığımız genotiplerde daha önce kuraklık çalışması yapılmadığı için, eldeki optimum $TTSM_{KN}$ ve TE değerlerinin tarla şartlarında yapılacak kuraklık uygulamaları ile doğrulanması gerekmektedir.

Bu çalışmada kullanılan arpa genotiplerine ait BBA_{KN} mekanizmasının varlığının, bitkinin hangi özelliğinden kaynaklandığı bilinmemektedir. Bir ihtimal şu ki; bu genotiplerde hem yapraklarda hem de köklerde hidrolik iletkenlik belirleyici olabilir. Bu yüzden genotiplerle ilgili kesin bir yargıya varmak için, ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Artan BBA koşullarında bir kırılma noktasından sonra transpirasyonunu sınırlandıran genotipler, kurak ve yarı kurak çevreler için çok uygun olabilir. Bununla birlikte, böyle çevrelerde stoma kapanmasından dolayı genotiplerde sınırlı CO_2 asimilasyonu olacaktır. Ancak, stomalarını kapatan genotiplerde büyümenin yavaş ve iyi sulanan koşullar altında verimin düşük olması muhtemeldir.

Toprakta bitki için yarayışlı su miktarının yüksek olduğu durumlarda düşük BBA_{KN}'de transpirasyonunu sınırlandıran genotipler, bitkinin büyüme ve gelişme dönemlerinde kullanılmak üzere suyu muhafaza etmektedir. Su stresi koşullarında arpa genotiplerinin verimliliğini arttırmak için toprak suyunu muhafaza edebilen genotiplerin seçilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak tüm özellikler dikkate alındığında Kendal ve Hevsel çeşitlerinin su stresinin yaşanabileceği çevrelerde, araştırmada kullanılan diğer genotiplere göre daha avantajlı olduğu söylenebilir.

6. KAYNAKLAR

Akçura, M., Topal, A. 2009. İç Anadolu Bölgesi yerel ekmeklik buğday popülasyonlarından seçilen saf hatların tane verimi ve kalite özellikleri yönünden bazı tescilli çeşitlerle karşılaştırılması. Ülkesel Tahıl Sempozyumu. 2-5 Haziran 2008. Konya. S, 59-69.

Akıncı, C., Gül, İ., Çölkesen, M. 1999. Diyarbakır koşullarında bazı arpa çeşitlerinin tane ve ot verimi ile bazı verim unsurlarının belirlenmesi. 3. Tarla Bitkileri Kongresi, 15-18 Kasım 1999. Adana. Cilt I, S, 405-410.

Akıncı C, Yıldırım, M., Sönmez, N. 2001. Diyarbakır koşullarına uygun arpa çeşitlerinin belirlenmesi. 4. Tarla Bitkileri Kongresi. 17-21 Eylül 2001. Tekirdağ. S, 151-155.

Allard, R. W., Bradshaw, A. D. 1964. Implications of genotype environmental interactions in applied plant breeding. ***Crop Science***, 4(5): 503-508.

Barraclough, P. B., Kyte, J. 2001. "Effect of water stress on chlorophyll meter readings in winter wheat", ***Plant Nutrition***, 92 (2): 722-723.

Belko, N., Zaman-Allah, M., Cisse, N., Diop, N. N., Zombre, G., Ehlers, J. D., Vadez, V. 2012. Lower soil moisture threshold for transpiration decline under water deficit correlates with lower canopy conductance and higher transpiration efficiency in drought-tolerant cowpea. ***Functional Plant Biology***, *39*(4): 306-322.

Boyd, W.J.R., Walker, M.G. 1972. Variation in chlorophyll a content and stability in wheat flag leaves. ***Annals of Botany***, 36(1): 87-92.

Cecarelli, S., Nachit, M. M., Ferrara, G. O., Menki, M. S., Tahir, M., Van Leur, J. and Srivastava, J. P. 1987. Breeding strategies for improving cereals yield and stability under drought. Proceed. of an lnt. Workshop. 27-31 October Capri, Italy. S, 101-114.

Chandrasekar, V. K., Sairam, R., Srivastava, G. C. 2000. Physiological and biochemical responses of hexaploid and tetraploid wheat to drought stress. ***Journal of Agronomy and Crop Science***, 185(4): 219-227.

Comstock, J., Ehleringer, J. 1993. Stomatal response to humidity in common bean (Phaseolus vulgaris): implications for maximum transpiration rate, water-use efficiency and productivity. ***Australian Journal of Plant Physiology***, 20(6): 669–691.

Çakmak, M. 2010. Ekmeklik buğday (T. aestivum L.) genotiplerinde başaklanma sonrası bazı fenolojik, fizyolojik ve bitkisel özellikler ile verim, kalite unsurları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çölkesen, M., Cesurer, L., Yürürdurmaz, C., Demirbağ, V., Çiçek, A., Başgül, A., Engin, A. 1999. Kahramanmaraş koşullarına uygun yüksek verimli arpa çeşitlerinin belirlenmesi. 3. Tarla Bitkileri Kongresi. 15-18 Kasım 1999. Adana. Cilt I S, 234-239.

Çölkesen, M. A., A. Öktem, A. Engin ve G. Öktem. 2002. Bazı arpa çeşitlerinin (Hordeum vulgare L.) Kahramanmaraş ve Şanlıurfa Koşullarında tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. ***KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi,*** 5(2): 76- 87.

Çölkesen, M., Çokkızgın, A., Yürürdurmaz, C., Hışır, Y. 2003. Afşin-Elbistan koşullarına uygun makarnalık buğday çeşitlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. 5. Tarla Bitkileri Kongresi. 13-17 Ekim 2003. Diyarbakır. S, 192- 197.

Devi, M. J., Sinclair, T. R., Vadez, V., Krishnamurthy, L. 2009. Peanut genotypic variation in transpiration efficiency and decreased transpiration during progressive soil drying**.** ***Field Crops Research***, 114(2): 280-285.

Devi, M. J., Sinclair, T. R., Vadez, V. 2010. Genotypic variation in peanut for transpiration response to vapor pressure deficit. ***Crop Science***, *50*(1): 191-196.

Devi, J.M., Bhatnagar-Mathur P., Sharma, K.K., Serraj, R., Anwar, S.Y., Vadez, V. 2011. Relationships between transpiration efficiency (TE) and its surrogate traits in the rd29A:DREB1A transgenic groundnut). **Journal Agronomy & Crop Science**, 197: 272–283.

Fischer, R. A. 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. II. Physiology of grain yield response. ***Field Crops Research***, *33*(1-2): 57-80.

Fletcher, A.L., Sinclair, T.R., Allen Jr, L.H. 2007. Transpiration responses to vapor pressure deficit in well watered 'slow-wilting' and commercial soybean**.** ***Environmental and Experimental Botany***, 61(2): 145–151.

Fowler, C.G., Rasmussen, D.C. 1969. Leaf area relationship and inheritance in barley. ***Crop Science***, 9(6): 729-731.

Geçit, H.H. 1988. Arpada ekim sıklığına bağlı olarak ana sap ve çeşitli kademedeki kardeşlerde verim ve verim öğelerinin değişimi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 1069.

Gholipoor, M., Prasad, P. V., Mutava, R. N., Sinclair, T. R. 2010. Genetic variability of transpiration response to vapor pressure deficit among sorghum genotypes. ***Field Crops Research***, *119*(1): 85-90.

Gholipoor, M., Choudhary, S., Sinclair, T. R., Messina, C. D., Cooper, M. 2013. Transpiration response of maize hybrids to atmospheric vapour pressure deficit. ***Journal of Agronomy and Crop Science***, 199(3): 155-160.

Gonzalez, A., Martin, I., Ayerbe, L. 1999. Barley yield in water stres conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. ***Field Crop Research,*** 62(1): 23-34.

Guiguitant, J., Marrou, H., Vadez, V., Gupta, P., Kumar, S., Soltani, A., Ghanem, M. E. 2017. Relevance of limited-transpiration trait for lentil (Lens culinaris Medik.) in South Asia. ***Field Crops Research***, 209, 96-107.

Guo, P., Baum, M., Varshney R. K., Graner, A., Grando, S., Ceccarelli S. 2008. QTL for chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in barley under post flowering drought**.** ***Euphytica***, 163 (2): 203-214.

Hasanuzzaman, M., Shabala, L., Brodrib, T. J., Zhou, M., Shabala, S. 2017. Assessing the suitability of various screening methods as a proxy for drought tolerance in barley. ***Functional Plant Biology***, 44(2): 253-266.

Jamieson, P. D., Martin, R. J., Francis, G. S., Wilson, D. R. 1994. Drought effects on biomass production in barley. In Proceedings of Annual Conference of Agronomy Society of New Zealand (Vol. 24, pp. 129-130).

Jones, C. A., Jacobsen, J., Wraith, J. 2003. The effects of P fertilization on drought tolerance of malt barley. In Western Nutrient Management Conference. Salt Lake City, UT. Vol. 5, pp, 88-93.

Kandemir, N. 2004. Tokat-Kazova şartlarına uygun maltlık arpa çeşitlerinin belirlenmesi. ***Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi***, 2004, 21 (2): 94-100.

Karahan, T. 2005. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ekolojik koşullarında bazı arpa (Hordeum vulgare L.) çeşitlerin verim ve verim öğelerin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Van.

Karaman, M. 2017. Makarnalık buğdayda fizyolojik ve morfolojik parametrelerin verim ve kalite ile olan ilişkisinin belirlenmesi. Doktora tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır. S,96.

Kaydan, D., Yağmur, M. 2007. Van ekolojik koşullarında bazı iki sıralı arpa çeşitlerinin (Hordeum vulgare L. conv. distichon) verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma. ***Tarım Bilimleri Dergisi***, 13(3): 269-278.

Kendal, E., Tekdal, S., Aktaş, H., Karaman, M., Berekatoğlu, K., Doğan, H. 2014. Biplot analiz kullanılarak yazlık arpa genotiplerinin verim ve evrim unsurlarının belirlenmesi. ***Trakya University Journal of Natural Sciences***, 15 (2): 95-103.

Kholova, J., Vadez, V., Hash, C. T. 2008. Mechanisms underlying drought tolerance in pearl millet (Pennisetum americanum L.). In 5th International crop science congress (p. 188).

Kholova, J., Hash, C. T., Kakkera, A., Kočová, M., Vadez, V. 2009. Constitutive water-conserving mechanisms are correlated with the terminal drought tolerance of pearl millet [Pennisetum glaucum (L.) R. Br.]. ***Journal of Experimental Botany***, 61(2): 369-377.

Kholova, J., Hash, C. T., Kumar, P. L., Yadav, R. S., Kočová, M., Vadez, V. 2010. Terminal drought-tolerant pearl millet [Pennisetum glaucum (L.) R. Br.] have high leaf ABA and limit transpiration at high vapour pressure deficit**.** ***Journal of Experimental Botany***, *61*(5): 1431-1440.

Kılıç, H., Tekdal, S., Kendal, E., Aktaş, H. 2012. Augmented deneme desenine dayalı ileri kademe makarnalık buğday (Triticum turgidum ssp.) hatlarının biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. ***KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi***, 15(4): 18-25.

Kılınç, M., Kırtok, Y., Yağbasanlar, T. 1992. Çukurova koşullarına uygun arpa çeşitlerinin geliştirilmesi üzerine araştırmalar. II. Arpa-Malt Semineri. 25-27 Mayıs 1992. Konya. S, 205-218.

Kırtok, Y., Genç, İ. 1980. Çukurova koşullarında değişik kökenli arpa çeşitlerinin verim ve verim unsurları üzerine araştırmalar. TUBİTAK VII. Bilim Kongresi Yayın No: 552, TOAG Seri No: 115: 157-170.

Kırtok, Y., Çölkesen, M. 1985. Çukurova koşullarında denemeye alınan arpa çeşitlerinde önemli bazı verim unsurları üzerinde path katsayısı analizi. ***Doğa Bilim Dergisi***, D2: 40-50.

Kırtok, Y., Genç, İ., Çölkesen, M. 1987. Icarda kökenli bazı arpa çeşitlerinin Çukurova koşullarında başlıca tarımsal karakterleri üzerinde araştırmalar. Türkiye Tahıl Sempozyumu. Bursa. S, 83-89.

Kızılgeçi, F., Akıncı, C., Albayrak, Ö., Biçer, B. T., Başdemir, F., Yıldırım, M. 2016a. Bazı Arpa Genotiplerinin Diyarbakır ve Şanlıurfa Koşullarında Verim ve Kalite Özellikleri Açısından İncelenmesi. ***Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi***, 25(ÖZEL SAYI-1): 146-150.

Kızılgeçi, F., Yıldırım, M., Akıncı C., Albayrak Ö. 2016b. Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin koşullarında verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi. ***Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi***, 6(3): 161-169.

King, C.A., Purcell, L.C., Brye, K.R. 2009. Differential wilting among soybean genotypes in response to water deficit. ***Crop Science***, 49(1): 290–298.

Li, R. H., Guo, P. G., Michael, B., Stefania, G., Salvatore, C. 2006. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. ***Agricultural Sciences in China***, 5(10): 751-757.

Lobell, D. B., Roberts, M. J., Schlenker, W., Braun, N., Little, B. B., Rejesus, R. M., Hammer, G. L. 2014. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. ***Science***, *344*(6183): 516-519.

Lopes, M., Reynolds, M. P. 2012. "Stay green in spring wheat can be determined by spectral reflectance measurements (normalized difference vegetation index) index", ***Journal of Experimental Botany***, 63 (10): 3777-3788.

MGM 2017. Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

Monteith, J. L. 1995. A reinterpretation of stomatal responses to humidity. ***Plant, Cell & Environment***, 18(4): 357-364.

Öztürk, A., Çağlar, Ö., Atken, Ş. 1997. Erzurum yöresinde maltlık olarak yetiştirilebilecek arpa genotiplerinin belirlenmesi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi. 22-25 Eylül 1997. Samsun S, 70-75.

Öztürk, A., Aydın, M. 2014. Ekmeklik buğday genotiplerinin geç gelişme dönemlerindeki kuraklığa dayanıklılık yönünden karakterizasyonu TUBİTAK Proje No: 1001/111O257.

Öztürk, N. Z. 2015. Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, 3(5): 307-315.

Parent, B., Hachez, C., Redondo, E., Simonneau, T., Chaumont, F., Tardieu, F. 2009. Drought and abscisic acid effects on aquaporin content translate into changes in hydraulic conductivity and leaf growth rate: a trans-scale approach. ***Plant Physiology***, 149(4): 2000–2012.

Rashid, M. A., Andersen, M. N., Wollenweber, B., Zhang, X., Olesen, J. E. 2018. Acclimation to higher VPD and temperature minimized negative effects on assimilation and grain yield of wheat. ***Agricultural and Forest Meteorology***, *248*: 119-129.

Ray, J. D., Gesch, R. W., Sinclair, T. R., Allen, L. H. 2002. The effect of vapor pressure deficit on maize transpiration response to a drying soil. ***Plant and Soil***, 239(1): 113-121.

Reynolds, M. P., Balota, M., Delgado, M. I. B., Amani, I., Fischer, R. A.1994. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. ***Functional Plant Biology***, 21(6): 717-730.

Reynolds, M.P. Trethowan, R. Crossa, J. Vargas, M. Sayre, K.D. 2002. Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat. ***Field Crops Research***, 75(2-3): 139-160.

Reynolds, M. P., Mujeeb-Kazi, A., and Sawkins, M. 2005. Prospects for utilizing plant-adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought and salinity-prone environments. ***Annals of Applied Biology***, 146(2): 239–259.

Rischbeck, P., Cardellach, P., Mistele, B., Schmidhalter, U. 2017. Thermal phenotyping of stomatal sensitivity in spring barley. ***Journal of Agronomy and Crop Science***, *203*(6): 483-493.

Ritchie, J.T. 1981. Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. ***Plant and Soil,*** 58(1-3): 81-96.

Ritchie, S. W., Nguyan, H. T., Holaday, A. S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance**.** ***Crop Science,*** 30(1): 105-111.

Rong-hua, L. I., Pei-guo, G. U .O., Baum, M., Grando, S., Ceccarelli, S. 2006. Evalation of chlorophyll content and fluorescence parameters as Indicators of drought tolerance in barley. ***Agricultural Sciences in China***, 5(10): 751-757.

Ryan, A. C., Dodd, I. C., Rothwell, S. A., Jones, R., Tardieu, F., Draye, X., Davies, W. J. 2016. Gravimetric phenotyping of whole plant transpiration responses to atmospheric vapour pressure deficit identifies genotypic variation in water use efficiency**.** ***Plant Science***, 251, 101-109.

Sade, B. 2008. Yeni boyutlarıyla kuraklık ve nadas. Ülkesel Tahıl Sempozyumu, Konya, Sh: 230-235.

Sadok, W., Sinclair, T. R. 2009. Genetic variability of transpiration response to vapor pressure deficit among soybean (Glycine max [L.] Merr.) genotypes selected from a recombinant inbred line population. ***Field Crops Research***, 113(2): 156-160.

Sadok, W., Sinclair, T.R., 2010. Transpiration response of 'slow-wilting' and commercial soybean (Glycine max (L.) Merr.) genotypes to three aquaporin inhibitors. ***Journal of Experimental Botany***, 61(3): 821–829.

Sairam, R. K., Deshmukh, P. S., Shukla, D. S. 1997. "Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat", ***Journal of Agro Crop Science***, 178 (3): 171-178.

Salih, A.A., Ali, I.A., Lux, A., Luxova, M., Cohen, Y., Sugimoto, Y., Inanaga, S. 1999. Rooting, water uptake, and xylem structure adaptation to drought of two sorghum cultivars. ***Crop Science***, 39(1): 168–173.

Samarah, N. H., 2005. Effects of drought stres on growth and yield of barley. ***Agronomy For Sustainable Development*** 25(1):145-149.

Samarah, N. H., Alqudah, A. M., Ameyreh, J. A., McAndrews, G. M., 2009. The effect of late-terminal drought stres on yield components of four barley cultivars. ***Journal of Agronomy and Crop Science***, 195(6): 427-441.

Sanchez-Diaz, M., Garcia, J. L.,Antolin, M. C., Araus, J. L. 2002. Effects of soil drought and atmospheric humidity on yield, gas Exchange and stable carbon isotope composition of barley. ***Photosynthetica,*** 40(3): 415-421.

Savin, R., Nicolas, A. 1999. Effects of timing of heat stress and drought on growth and quality of barley grains. ***Australian Journal of Agricultural Research,*** 50(3): 357–364.

Savin, R., Slafer, G. A. 1991. Shading effects on the yield of an Argentinean wheat cultivar. ***The Journal of Agricultural Science***, 116(1): 1-7.

Sayre, K.D. Rajaram, S. Fischer, R.A. 1997. Yield potential progress in short bread wheats in Northwest Mexico. ***Crop Science***, 37(1): 36–42.

Schoppach, R., Fleury, D., Sinclair, T. R., Sadok, W.2017. Transpiration sensitivity to evaporative demand across 120 years of breeding of Australian wheat cultivars. ***Journal of Agronomy and Crop Science***, 203(3): 219-226.

Schoppach, R., Sadok, W. 2012. Differential sensitivities of transpiration to evaporative demand and soil water deficit among wheat elite cultivars indicate different strategies for drought tolerance**.** ***Environmental and Experimental Botany***, 84, 1-10.

Shakhatreh, Y., Kafawin, O., Ceccarelli, S., Saoub, H. 2001. Selection of barley lines for drought tolerance in low-rainfall areas. ***Journal of Agronomy and Crop Science***, 186(2): 119-127.

Shekoofa, A., Rosas-Anderson, P., Sinclair, T. R., Balota, M., Isleib, T. G. 2015. Measurement of limited-transpiration trait under high vapor pressure deficit for peanut in chambers and in field**.** ***Agronomy Journal***, *107*(3): 1019-1024.

Sinclair, T. R., Tanner, C. B., Bennett, J. M. 1984. Water-use efficiency in crop production. ***Bioscience*****,** *34*(1): 36-40.

Sinclair, T.R., Muchow, R.C. 2001. System analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies. ***Agronomy Journal***, 93(2): 263 – 270.

Sinclair, T.R., Zwieniecki, M.A., Holbrook, N.M. 2008. Low leaf hydraulic conductance associated with drought tolerance in soybean. ***Physiologia Plantarum***, 132(4): 446–451.

Sinclair, T. R., Messina, C. D., Beatty, A., Samples, M. 2010. Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits. ***Agronomy Journal***, 102(2): 475-482.

Sinclair, T. R. 2017. Water-Conservation Traits to Increase Crop Yields in Water-deficit Environments. ***Springer*** (pp: 17-26).

Soltani, A., Khooie, F.R., Ghassemi-Golezani, K., Moghaddam, M. 2000. Thresholds for chickpea leaf expansion and transpiration response to soil water deficit. ***Field Crops Research***, 68(3): 205–210.

Szira, F., Balint, A. F., Börner, A., Galiba, G., 2008. Eveluation of drought-related traits and screening methods at different development stages in spring barley. ***Journal of Agronomy and Crop Science,*** 194(5): 334-342.

Taş, B., Engin, A., Akaya, İ. 2001. Bursa ekolojik koşullarında bazı yabancı orijinli iki sıralı arpa (Hordeum vulgare distichon) çeşitlerinin kimi verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi. 4. Tarla Bitkileri Kongresi. 17-21 Eylül 2001. Tekirdağ. S, 183-188.

Tekdal, S., Kendal, E., Ayana, B. 2014. İleri kademe makarnalık buğday hatlarının verim ve bazı kalite özelliklerinin Biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. ***Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi***, 3(1): 322-330.

Topal, A. 1997. Konya ekolojik şartlarında kışlık olarak ekilen bazı arpa ve yulaf çeşitlerinde dane verimi ve verim unsurları üzerine bir araştırma. ***Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi***, 11(15): 16-29.

Turgut, İ., Konak, C., Yılmaz, R., Arabacı, O. 1997. Büyük Menderes Havzası koşullarına uyumlu ve yüksek verimli arpa (Hordeum vulgare L) çeşitlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. II. Tarla Bitkileri Kongresi. 22-25 Eylül 1997.Samsun. S, 80-83.

TÜİK 2015.Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri.

Ülker, M., Sönmez, F., Ege, H., Yılmaz, N. 1999. ICARDA kökenli bazı kışlık arpa çeşit ve hatlarının Van koşullarında adaptasyonu üzerinde bir araştırma. 3.Tarla Bitkileri Kongresi. 15-18 Kasım 1999. Adana. Cilt I, S, 401-404.

Vadez, V., Sinclair, T.R. 2001. Leaf ureide degradation and the N2 fixation tolerance to water deficit in soybean. ***Journal of Experimental Botany,*** 52(354): 153-159.

Vadez, V., Kholová, J., Medina, S., Kakkera, A., Anderberg, H. 2014. Transpiration efficiency: new insights into an old story. ***Journal of Experimental Botany*** 64: 6141–6153.

Van Oosterom, E., Kleijn, D., Ceccarelli, S., Nachit, M. 1993. Genotype-by-environment interactions of barley in the Mediterranean region. ***Crop Science*** 33(4): 669–674.

Whitman, C. E., Hatfield, J. L., Reginato, R. J. 1985. Effect of slope position on the microclimate, growth, and yield of barley. ***Agronomy Journal***, *77*(5): 663-669.

Xiao, Y. G., Qian, Z. G., Wu, K., Liu, J. J., Xia, X. C., Ji, W. Q., He, Z. H. 2012."Genetic gains in grain yield and physiological traits of winter wheat in Shandong Province, China, from 1969 to 2006**",** ***Crop Science***, 52 (1): 44-56.

Yan, W., Kang, M., 2003. GGE Biplot Analysis. A Graphical Tool Breeders. Geneticists and Agronomists. CRC Press. Florida.

Yang, Z., Sinclair, T. R., Zhu, M., Messina, C. D., Cooper, M., Hammer, G. L. 2012. Temperature effect on transpiration response of maize plants to vapour pressure deficit. ***Environmental and Experimental Botany***, 78, 157-162.

Zaman-Allah, M., Jenkinson, D. M., Vadez, V. 2011a. Chickpea genotypes contrasting for seed yield under terminal drought stress in the field differ for traits related to the control of water use. ***Functional Plant Biology***, 38(4): 270-281.

Zaman-Allah, M., Jenkinson, D. M., Vadez, V. 2011b. A conservative pattern of water use, rather than deep or profuse rooting, is critical for the terminal drought tolerance of chickpea. ***Journal of Experimental Botany***, *62*(12): 4239-4252.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Aydın'ın Germencik ilçesinde doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Germencik'te tamamladıktan sonra kurumlar sınavı ile yerleştiğim Söke Ziraat Teknik Lisesi'nden 1998 yılında mezun oldum. 2000 yılında Ziraat Teknisyeni olarak Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'na bağlı taşra teşkilatında göreve başladım. 2012 yılında başladığım Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nden 2015 yılında mezun oldum. 2000-2007 yılları arasında Sivas Tarım İl Müdürlüğü'nde görev yaptıktan sonra 2007 yılı Temmuz ayında Diyarbakır GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde göreve başladım ve halen aynı kurumda araştırmacı olarak görevime devam etmekteyim. Evli ve bir çocuk babasıyım.

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI İNTİHAL RAPORU FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Hasan DOĞAN
ÖĞRENCİ NO	16811024
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2017-2018
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	Tarla Bitkileri
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Genotiplerinde Kurağa Dayanım Yönünden Transpirasyon Hızı ve Su Kullanım Etkinliklerinin Belirlenmesi
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	65
BENZERLİK ORANI	%14
RAPORLAMA TARİHİ	04/07/ 2018

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 65 sayfalık kısmına ilişkin, 04/07/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %14'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

☒ Kabul/Onay sayfaları hariç,
☒ Kaynakça hariç
☐ Alıntılar hariç/dâhil
☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

(İmza)
Hasan DOĞAN

(İmza) 04/07/2018 Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM **Tez Danışmanı**	(İmza) 04/07/2018 Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM **Anabilim Dalı Başkanı V.**