

## Kuraklığın Buğdayın Kök Ağırlığına Etkisi ve Kökün Bazı Fizyolojik Parametrelerle İlişkisi

\*İrfan ÖZTÜRK<sup>1</sup>, Kayıhan Zahit KORKUT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne, Türkiye

<sup>2</sup>Namık Kemal Üni. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Tekirdağ, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author; e-mail): irfan.ozturk@tarim.gov.tr

Geliş Tarihi: 09.02.2018 - Kabul Tarihi: 21.05.2018

### Öz

Ekmeklik buğdayda kuraklık stresi koşullarında çevresel ve genetik faktörlere göre değişiklikler gözlenebilen kök yapısı önemli faktör olarak değerlendirilmektedir. Araştırmada bazı ekmeklik buğday genotiplerinin farklı kuraklık seviyelerindeki kök ağırlıkları ile kök ağırlığının bazı fizyolojik karakterlere olan etkileri incelenmiştir. Araştırma, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanında 2008-2009 ve 2009-2010 yıllarında yapılmıştır ve 15 genotip kullanılarak; tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Ana parsellerde beş farklı kuraklık uygulamaları, alt parsellerde genotipler yer almıştır. Araştırmada sapa kalkma döneminden fizyolojik olum dönemine kadar farklı seviyede kuraklık uygulanmıştır. Araştırmada kuraklık stresi uygulaması genotiplerde kök ağırlığını azaltmıştır. Genotiplerde en fazla kök ağırlığı Bereket çeşidinde (3.618 g) tespit edilmiştir. Kuraklık stresi bitkilerde kök ağırlığını farklı oranlarda etkilemiş olup, en düşük kök ağırlığı (2.815 g) tam kuraklık uygulanan parselde ölçülürken, en fazla kök ağırlığı kuraklık stresi uygulanmayan koşullarda belirlenmiştir. Araştırmada genotiplerde kök ağırlığının artışı başaklanma öncesi ve tane dolum döneminde bayrak yapraklarındaki klorofil kapsamını önemli ölçüde artırmıştır. Kök miktarı bütün kuraklık uygulamalarında bitki örtüsü sıcaklığını düşürmüştür. Bitkide kök miktarının genotiplerde başaklanma, olgunlaşma gün sayıları ve tane dolum süresini artırdığı belirlenmiştir. Kök ağırlığı artışında stoma eni ve boyunda artış olurken, stoma sayısında azalma olmuştur. Kök ağırlığına genotip ve çevre faktörleri etkili olurken yapraklarda klorofil kapsamında artış kanopi sıcaklığında azalma olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ekmeklik buğday, çeşit, kuraklık, kök ağırlığı, agronomik karakter

### Drought Effect on Root Amount and its Relations with Some Physiological Parameters

#### Abstract

The root structure, which is a very important factor in arid conditions in bread wheat, may vary depending on environmental and genetic factors. Root weight of some bread wheat genotypes were investigated under different drought stress condition on the root weight and on some physiological characters. This study was carried out in experimental field of Trakya Agricultural Research Institute in 2008-2009 and 2009-2010 seasons with 15 bread wheat genotypes in split block design technique with 3 replicate. Five drought applications were the main plots and germplasms were sub-plots. Drought applications were performed from stem elongation stage to physiological maturing stage. Drought stress applications reduced the root weight. The highest root weight was determined in CV Bereket with 3.618 g. Drought stress effected the root weight at different ratios. The lowest root weight was obtained to fully drought condition with 2.815 g and the highest root weight was determined at non-stress treatment. The increase of root weight in genotypes promote the chlorophyll content in the flag leaves during pre-emergence and grain filling periods. Root weight reduced the canopy temperature under all drought stress applications. It was determined that when the amount of root in the plant enhanced the number of days of heading, maturation days and grain filling periods were increased. While the root weight promoted the stomata width and length, on the contrary it reduced the stomata number. Though the root weight and environmental factors were affected by genotypes; chlorophyll content in leaves was increased and canopy temperature was decreased.

**Keywords:** Bread wheat, variety, drought, root weight, agronomic characters

## Giriş

**K**uraklık, Trakya Bölgesi'nde bazı yıllarda ve özellikle bitkilerde su isteğinin fazla olduğu Nisan ve Mayıs aylarında yağışın miktarı ve dağılışının yetersiz ve düzensiz olmasından dolayı ortaya çıkmaktadır (Öztürk ve ark., 2016). Genotiplerde değişen koşullara uyum ve adaptasyon kabiliyetinin artırılması, farklı ıslah yöntemleri ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle, çoğunlukla kuru tarım yapılan alanlar için kurağa mukavemeti iyi olan çeşitlerin geliştirilmesi ve mevcut alanda üretimi artırma yollarının araştırılması ıslahçıların temel hedefleri arasındadır (Kalaycı ve ark., 1998). Kurak koşullarda bitkilerde kurağa dayanıklılık ıslah programının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Olgunlaşma süresi kısa olan bitkilerdeki erken çiçeklenme özellikle geç dönem kuraklıklarından kaçma açısından ıslaha katkı sağlayan önemli bir karakterdir. Kurak şartlardaki düşük kanopi sıcaklığı bitki bünyesinin yeterli su oranına sahip olduğunu belirtmektedir. Kuraklık stresi olmayan normal koşullarda genotipler arasındaki kanopi sıcaklığında çok az fark olurken, kuraklık stresinin yaşandığı koşullarda genotiplerde kanopi sıcaklıkları farkında artış olmaktadır. Stres koşullarında kanopi sıcaklığı ile verim arasında olumsuz ilişki bulunmaktadır (Blum, 2000). Topraktaki nemli koşullarda kök uzunluğunda genellikle artış olurken kurak koşullarda azalmalar olmaktadır. Çok dinamik olan bitki kök aksamı, toprakta yağışla birlikte artan nemli koşullarda kök dallarında yenilenme olmakta ve bu durum bitkiyi kuraktan koruyan önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Blum, 2009). Çevresel ve genetik faktörler arasındaki etkileşim kuvvetli kök sisteminin gelişimini belirler (Passioura, 1983). Su stresi bitkilerde kök özelliklerini önemli düzeyde etkilemekte ve su stresinin şiddetine bağlı olarak kök uzunluğu ve kök kuru madde oranı gibi karakterlerde düşme olmaktadır (Adda ve ark., 2005). Ancak genotiplerde sürgün ve kök uzunluğunun çevre koşullarına göre genetik varyasyona daha fazla bağlı olmaktadır (Dhanda ve ark., 2004). Kurağa dayanıklı genotipler hassas genotiplere göre bitki tacı bölgesinde genellikle daha fazla köke sahiptir. Ayrıca kurağa dayanıklı genotipler uzun kök yapısına gerek duymamaktadır. Kurağa hassas genotiplerin kökleri daha fazla absorpsiyon

yüzey alanına sahiptir. Kök derinliği, toplam kök uzunluğu, nispi absorpsiyon yüzey alanı, kök sayısı, kök yayılımı ve kök yoğunluğunda genotipler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır (Kinyua ve ark., 2006). Akdeniz koşullarında, orta derinlikteki topraklarda daha yüksek kök uzunluğu muhtemelen artan su alımı için derin kök uzunluğu daha önemli olmaktadır (Gregory ve ark., 2009). Buğday kök sisteminde, yüzey katmanlarda aşırı kök uzunluğunun ve derinlikte yetersiz kök uzunlukları olması durumunda, özellikle toprak altı suyuna erişmesi uygun olmayabilir. Bitkilerin topraktaki su ve azot kaynaklarından yararlanması için yeterli kök uzunluğu 0.1 ila 1 cm/cm<sup>2</sup>'dir (Van Noordwijk, 1983). Modern buğday çeşitlerinde pek çok toprak tabakasındaki kök uzunluğu, yoğunluğu, topraktaki suyun ve önemli besinlerin alınması için gereken miktarın üzerine çıkmaktadır. Buğday için kök uzunluğu ve yoğunluğu, sürüm katmanında 3 ila 6 cm/cm<sup>3</sup> arasında, 40 cm'nin altında bulunan 1 cm/cm<sup>3</sup>'ün altında bulunmuştur (Hoad ve ark., 2004).

Dünyada buğday üretimi yapılan alanlarda su stresi çok önemli iklim değişkenliklerindedir (Heichel, 1971). Kuraklık ile başa çıkabilmek amacıyla bitkilerde CO<sub>2</sub> alımı için stomalar açılır, kurak koşullar süresince yaprakların su kaybını en aza indirmek için stomalarını kapatırlar (Elizabeth ve Alistair, 2007). Bitki bünyesine alınan suyun %95'ten fazlası terleme ile kaybedildiği tahmin edilmektedir (Jianwu ve ark., 2006; Blum, 2009). Bu nedenle bitkilerde stoma yapısı ve davranışı kuraklıkla ilişkili olarak önemli rol oynamaktadır.

Bitkide kökler terleme ile kaybedilen suyun karşılanması için ana unsurdur. Kök derinliği (veya maksimum uzunluk) ve kök uzunluğu yoğunluğu kökün iki temel unsurudur. Kuraklığa dayanıklılıkta birinci etken köktür. Çok sığ toprak derinliklerinde yanal köklerin gelişimi, az miktarda aralıklı olarak düşen yağıştan yararlanmak bakımından önemli rol oynayabilir (Blum, 2009).

Trakya Bölgesi'nde toplam yağış miktarı yeterli olmasına rağmen buğdayda yağış isteğinin fazla olduğu bitkide sapa kalkma döneminden tane dolum dönemleri arası yağış dağılımının düzensiz olması ve Mayıs

ayındaki yüksek sıcaklık ile birlikte bitkide kuraklık stresine bağlı olarak verim ve kalite düşüklüğü olabilmektedir. Bu durum bölgede toprak organik maddesinin düşük olmasından dolayı özellikle kumsal yapılı topraklarda daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Araştırmada farklı bitki gelişme dönemlerindeki kuraklık uygulamalarının genotiplerde ve farklı seviyede kuraklık uygulamalarında kök miktarı ile kök ağırlığının bazı fizyolojik karakterlerle ilişkisi incelenmiştir. Araştırmada incelenen genotiplerden kurağa dayanıklı veya toleranslı olanların belirlenmesi ile kurak koşullarda önemli olan fizyolojik parametrelerin belirlenmesi araştırmanın amaçlarındandır.

### Materyal ve Yöntem

Araştırma Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme tarlasında 2008-2009 ve 2009-2010 yıllarında 2 yıl süreyle yürütülmüştür. Denemede toplam 15 ekmeleklik buğday genotipi tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak ekilmiştir. Araştırmada kuraklığa duyarlılığı farklı olan ve kurak koşullarda farklı tepki veren; Kate A-1, Gelibolu, Pehlivan, Tekirdağ, Selimiye, Aldane, Bereket Flamura-85 ve Golia çeşitleri ile BBVD7, ÖVD26-07, ÖVD2/21-07, ÖVD2/27-07, EBVD24-07 ve BBVD21-07 hatları kullanılmıştır. Denemede 5 ana parsel yer almış olup, ana parselleri kuraklık uygulamaları, alt parselleri genotipler oluşturmuştur. Deneme 6 sıralı ve sıra arası 17 cm ve parsel alanı 6 m<sup>2</sup> olan parsellere metrekaareye 500 tane tohum düşecek şekilde deneme ekim makinesi ile ekilmiştir.

Kuraklık uygulanacak parsellere portatif seralar kurulmuştur. Bu seraların üzeri yağmurun yağacağı dönemlerde yağmurun düşmemesi için şeffaf naylon örtülerle açılır-kapanır sistem ile kuraklık stresi oluşturulmuştur. Araştırmada ana parsellerde yapılan uygulamalar; birinci uygulamada (KS1) Zadoks skalasına göre GS31-51 arasında (sapa kalkma dönemi ile başaklanma dönemi arası) kuraklık uygulanıp, bu dönemden sonra tane dolum döneminde günlük buharlaşma su miktarına göre bir defa sulama yapılmıştır (Zadoks ve ark., 1974). İkinci uygulamada (KS2) GS51-94 döneminde (başaklanma dönemi ile tane dolum dönemi sonu) kuraklık uygulanmıştır. KS2

uygulanmasında sapa kalkma ile başaklanma dönemleri arasında günlük buharlaşma su miktarına göre bir defa sulama yapılmıştır. Üçüncü uygulamada (KS3) kuraklık stresi uygulanmamış olup sapa kalkma, başaklanma ve tane dolum dönemlerinde olmak üzere günlük buharlaşma su miktarına göre 3 defa sulama yapılmıştır. Dördüncü uygulama (KS4; Doğal) doğal parsel olup, beşinci uygulamada (KS5) GS31-94 dönemi (sapa kalkma ile tam olum dönemi) arasında tam kuraklık uygulaması yapılmıştır.

Araştırmada farklı bitki gelişme dönemlerindeki kuraklığın kök ağırlığına etkisi ile kök ağırlığının genotiplerde bazı morfolojik, fizyolojik özellikler ile ilişkisi incelenmiştir. Araştırmada; kök ağırlığı, bitki örtüsü sıcaklığı, klorofil kapsamı, başaklanma ve olgunlaşma gün sayıları, tane dolum süresi, stoma sayısı, stoma eni ve boyu, mumsuluk oranı ile kök ağırlığının bu karakterler ile ilişkisi incelenmiştir. Araştırmada infrared termometre ile bitki örtüsü sıcaklığı (Amani ve ark., 1996; Ayeneh ve ark., 2002) gebeleşme, başaklanma ve tane dolum dönemi olmak üzere üç farklı bitki gelişme döneminde ölçümü yapılmıştır. Genotiplerde bayrak yaprakta klorofil ölçümü SPAD502 klorofilmetre (Babar ve ark., 2006a; Fischer, 2007) ile bitkilerin gebeleşme (GS49) başaklanma (GS60) ve tane dolum dönemi (GS75) olmak üzere üç farklı gelişme döneminde ölçüm yapılmıştır. Yaprığın klorofil kapsamının belirlenmesinde en uygun ölçüm zamanı klorofilin en yoğun olduğu çiçeklenme sonrası dönemdir (Fischer 2001). Genotiplerde başaklanma gün sayısı parselde başakların %50'sinin başaklandığı, olgunlaşma gün sayısı parselde bitkilerin tamamen sarardığı süre dikkate alınarak belirlenmiştir. Tane dolum süresi başaklanma ile fizyolojik olum dönemleri arasındaki süre dikkate alınmıştır. Mumsuluk oranları için başaklanma döneminde bitkideki mumsuluk oranına göre 0-9 skalası kullanılarak belirlenmiştir. Stoma sayısı başaklanma döneminde bayrak yaprakta alınan örneklerde 4x100 büyüklüğündeki mikroskop ile sayım yapılarak belirlenmiştir. Genotiplerde bitki kök örnekleri ekimde sıra arası mesafe 17 cm olmasından dolayı, 17 cm çapında ve 50 cm derinliğinde silindirik metal kaplar ile hasat sonrası her parselden çıkarılmıştır.

Çizelge 1. 2008-2009 ve 2009-2010 yıllarında ölçülen toplam yağış, ortalama nem en düşük ve en yüksek sıcaklık ve ortalama sıcaklık verileri

Table 1. Total rainfall, mean humidity, lowest and highest temperature and mean temperature scored in 2008-2009 and in 2009-2010 growing period

Aylar	Uzun Yıllar Yağış (mm)	Yıllar	Aylık Toplam Yağış (mm)	Aylık Nem (%)	Sıcaklık (°C)		
					En Düşük	En Yüksek	Ortalama
Ekim	52.9	2008-2009	17.0	72.6	3.5	26.5	14.9
		2009-2010	112.6	82.3	2.9	28.9	15.1
Kasım	72.4	2008-2009	29.2	77.8	-2.0	18.3	15.3
		2009-2010	51.7	89.7	-1.7	22.7	9.7
Aralık	61.7	2008-2009	35.6	82.2	-6.9	20.4	6.4
		2009-2010	93.4	89.7	-2.1	19.6	7.3
Ocak	48.1	2008-2009	48.6	87.8	-11.2	17.5	6.5
		2009-2010	59.6	85.2	-16.3	20.3	2.5
Şubat	46.9	2008-2009	83.2	81.3	0.1	13.5	5.2
		2009-2010	107.0	88.1	-4.8	20.3	5.9
Mart	52.2	2008-2009	44.1	77.5	3.0	17.9	7.8
		2009-2010	47.6	81.9	-3.1	22.2	7.7
Nisan	51.0	2008-2009	15.8	68.8	-0.4	25.9	12.3
		2009-2010	17.8	76.0	0.9	24.9	12.7
Mayıs	56.0	2008-2009	27.7	66.1	7.5	32.1	19.1
		2009-2010	16.0	68.6	3.3	33.6	18.1
Haziran	41.5	2008-2009	25.9	62.5	9.3	36.4	22.6
		2009-2010	30.8	72.3	12.0	38.7	22.5
		2008-2009	327.1	75.2	-11.2	36.4	12.2
		2009-2010	536.5	81.5	-16.3	38.7	11.3
Toplam (Uzun yıl)	482.7	Toplam	431.8				
		Ortalama		78.4	-1.7	25.7	11.8

Araştırmada elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve ortalamalar arasındaki farklılık en küçük önemli fark (AÖF) testi ile ( $p<0.01$  ve  $p<0.05$ ) incelenmiştir (Gomez ve Gomez, 1984; Kalaycı, 2005).

## Bulgular ve Tartışma

### Kök ağırlığı:

Araştırmada kök ağırlığına göre genotipler ve uygulamalar ile bunların arasındaki interaksiyon her iki yılda da 0.01 seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Bitki kök kısmı kurağa dayanıklılıkta çok önemli bir karakter olmasından dolayı birçok araştırmacı tarafından incelenen bir karakter olmuştur. Kurak koşullarda bitkilerin kök ağırlığında azalma olduğu görülürken, sulama koşullarının kök ağırlığını artırdığı tespit edilmiştir. Beş farklı

seviyede kuraklığın incelendiği araştırmada 3.496 g ile en fazla kök ağırlığı kuraklık stresi uygulanmayan KS3 parselinde ölçülürken, sapa kalkma döneminden başaklanma dönemine kadar kuraklık stresi uygulanmayan KS2 parselde 3.455 g olarak belirlenmiştir. Uygulama konularında en düşük kök ağırlığı 2.815 g ile sapa kalkma döneminden fizyolojik olum dönemine kadar kuraklık uygulanan KS5 parselde belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre kuraklık stresinin bitki kök ağırlığını azalttığı ve sulama koşullarının ise bitkilerde kök kısmını artırdığı belirlenmiştir. Genotiplerde 3.618 g ile en fazla kök ağırlığı Bereket çeşidinde ölçülmüştür. En az kök ağırlıkları 2.740 g ile Tekirdağ çeşidinde ölçülmüştür. Ekmeklik buğdayda kök özelliklerinde genetik farklılık olduğu, bu farklılık derin kök sistemi oluşturma yeteneğine göre buğday genotipleri arasındaki

Çizelge 2. Farklı kuraklık uygulamalarına göre ortalama kök miktarı ve diğer fizyolojik parametreler  
 Table 2. Average root weight and physiological parameters based on various droughts treatment

Uygulama	KÖK	CTH	CHH	STS	MUM	BGS	OGS	TDS
KS1	2.861 bc	28.07 b	50.72 c	10.97 c	4.07 b	163.5 d	201.3 d	33.09 b
KS2	3.455 a	21.43 d	51.98 ab	10.74 cd	3.80 c	166.6 b	202.9 b	32.12 c
KS3	3.496 a	19.96 e	52.21 a	10.58 d	3.33 d	167.2 a	206.7 a	34.88 a
KS4	2.937 b	22.59 c	52.34 a	11.33 b	3.67 c	165.2 c	201.8 c	32.00 c
KS5	2.815 c	29.21 a	51.46 b	11.96 a	4.40 a	162.6 e	199.1 e	31.28 d
Ortalama	3.113	24.25	51.74	11.12	3.85	165.0	202.4	32.67
A.Ö.F(0.05)	0.11	0.33	0.55	0.30	0.20	0.29	0.28	0.37
F	**	**	**	**	**	**	**	**

Not: \*\*P<0.01; \*P<0.05; KS: Kuraklık stresi, KÖK: kök ağırlığı (g), CTH: Başaklanma dönemi kanopi sıcaklığı, CHH: Başaklanma dönemi klorofil, STS: Stoma sayısı, MUM: Mumsuluk oranı (1-9), BGS: Başaklanma gün sayısı, OGS: Olgunlaşma gün sayısı, TDS: Tane dolun süresi

Note: \*\*P<0.01 \*P<0.05; KS: Drought stress, KÖK: root weight (g), CTH: Canopy temperature at heading, CHH: Chlorophyll at heading, STS: Stomata number, MUM: Gloucoucity (1-9), BGS: Days of heading, OGS: Days of maturity, TDS: Days of grain filling

farklılıklar olabileceği (Siddique ve ark.,1990) belirlenmiştir. Ayrıca normal yağış koşulları altında, kurak yıllarda buğday kök uzunluğunun daha yüksek olduğu bulunmuştur (Hamblin ve ark., 1990).

Genotiplerdesu stresi kök özelliklerini önemli düzeyde etkilemekte olup su stresinin şiddetine bağlı olarak bazı kök özelliklerini düşürmekte (Adda ve ark. 2005) olduğunu, kurak koşullar genellikle bitki kök gelişimine engel olmakta ve dolayısı ile nemli toprak koşullarında kök uzunluğunda artış olurken kurak koşullarda azalmalar olduğu (Blum, 2009), kök derinliği, kök yayılımı ve yoğunluğunda genotipler arasında önemli farklılıklar olduğunu (Kinyua ve ark. 2006) açıklayan araştırmacıların sonucu bu çalışmada da görülmüştür. Araştırmada kanopi sıcaklığı ve klorofil kapsamı bitki gelişmesinin başaklanma öncesi, başaklanma ve tane dolun dönemi olmak üzere üç farklı bitki gelişme döneminde ölçülmüştür. Ölçüm yapılan üç bitki gelişme döneminde bütün uygulamalarda kurak koşullarda bitki örtüsü sıcaklığında artış olmuştur (Çizelge 2).

#### **Kanopi sıcaklığı:**

Araştırmada kanopi sıcaklığına göre genotipler ve uygulamalar arasındaki interaksiyon 0.01 seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Araştırmada başaklanma öncesi dönemde yapılan ölçümde ortalama kanopi sıcaklığı 19.47 °C olmuştur. Bu dönemde en yüksek sıcaklık 21.65°C ile başaklanma öncesi dönemde kuraklık uygulanan (KS1)

parsellerde, en düşük sıcaklık ise 17.21 derece ile kuraklık stresi uygulanmayan (KS3) parsellerde ölçülmüştür. Başaklanma döneminden itibaren parsellerde kuraklık stresinin etkisi artmaya başlamış bu nedenle uygulamalar arasında kanopi sıcaklığı farkında artış olmuştur. Başaklanma döneminde yapılan ölçümde ise en yüksek sıcaklık 29.21 °C ile tam kuraklık uygulanan (KS5) ana parsellerde, en düşük sıcaklık ise 19.96 °C ile kuraklık stresi uygulanmayan (KS3) parsellere ölçülmüştür (Çizelge 2). Tane dolun döneminde ölçüm yapılan kanopi sıcaklığı önceki bitki gelişme dönemlerindeki sonuca paralel olarak en yüksek sıcaklık yine tam kuraklık uygulamalarında en düşük sıcaklık ise kuraklık stresi uygulanmayan koşullarda saptanmıştır.

#### **Klorofil kapsamı:**

Araştırmada bayrak yaprakta klorofil miktarı üç farklı bitki gelişme döneminde ölçülmüş olup kurak koşulların klorofil miktarını azalttığı görülmüştür. Başaklanma öncesi dönemde kuraklık stresinin etkisi düşük olduğu için uygulama konuları ve genotipler arasındaki ilişki önemsiz olmuştur. Başaklanma ve tane dolun dönemlerinde kuraklık uygulamaları ve genotipler arasındaki ilişki çok önemli bulunmuştur. Ayrıca bitkilerde başaklanma dönemine kadar klorofil miktarında artış olduğu ve daha sonra azalmaya başladığı görülmüştür (Çizelge 2). Kuraklık uygulamalarına göre en yüksek klorofil miktarı başaklanma döneminde yapılan ölçümde belirlenmiştir. Tane dolun

döneminde ise genotiplerde klorofil miktarının düştüğü görülmüştür. Genotiplere göre en fazla klorofil miktarı başaklanma döneminde 55.23 ile ÖVD2/27-07 hattında ölçülürken, bunu BBVD7 (53.91) ve Gelibolu (53.62) çeşitleri takip etmiştir (Çizelge 3).

#### **Stoma özellikleri:**

Stoma eni, stoma uzunluğu ve sayısına göre yapılan değerlendirmede genotip ve uygulama konularına göre farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2 ve 4). Genotiplerde kurak koşullarda stoma sayısının arttığı buna göre tam kuraklığın uygulandığı ana parselde 11.96 ile en fazla stoma sayısı saptanmıştır. En az stoma 10.58 ile kuraklık stresinin uygulanmadığı koşullarda saptanmıştır. Genotiplerde kurak koşullarda stoma sayısında artış olurken, stoma eni ve boyunun daha kısa olduğu, kuraklığın stoma hacmini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Araştırmada en uzun (52.23  $\mu$ ) ve en geniş (26.93  $\mu$ ) stoma kuraklık stresi uygulanmayan (KS3) koşullarda ölçülmüştür.

Ekmeklik buğdayda kurağa dayanıklılıkta birçok morfolojik ve fizyolojik karakterler farklı etkiye sahiptir. Kuraklığa toleransta bitkilerde bazı morfolojik ve fizyolojik özellikler, stoma hacmi ve sayısı, stomanın açık veya kapalı olması, mumsuluğu, kök uzunluğu, kök yoğunluğu ve kuru ağırlığı gibi özellikler kuraklıkta değerlendirilmesi gereken önemli karakterlerdir (Dencic ve ark., 2000).

#### **Mumsuluk:**

Araştırmada genotipler ve uygulama konuları arasında mumsuluk oranı yönünden önemli farklılık belirlenmiştir. Kurak koşulların genotiplerde mumsuluğu arttırdığı tespit edilmiştir. Genotip x kuraklık uygulamaları birlikte değerlendirildiğinde mumsuluğun çeşitlerde genetik yapıya bağlı olduğu gibi çevre koşullarından da etkilendiği tespit edilmiştir. Yapılan araştırmada genotiplere göre karşılaştırma yapıldığında mumsuluk ile tane verimi arasında olumlu ilişki tespit edilirken, uygulama konularına göre yapılan karşılaştırmada kurak koşullarda mumsuluğun

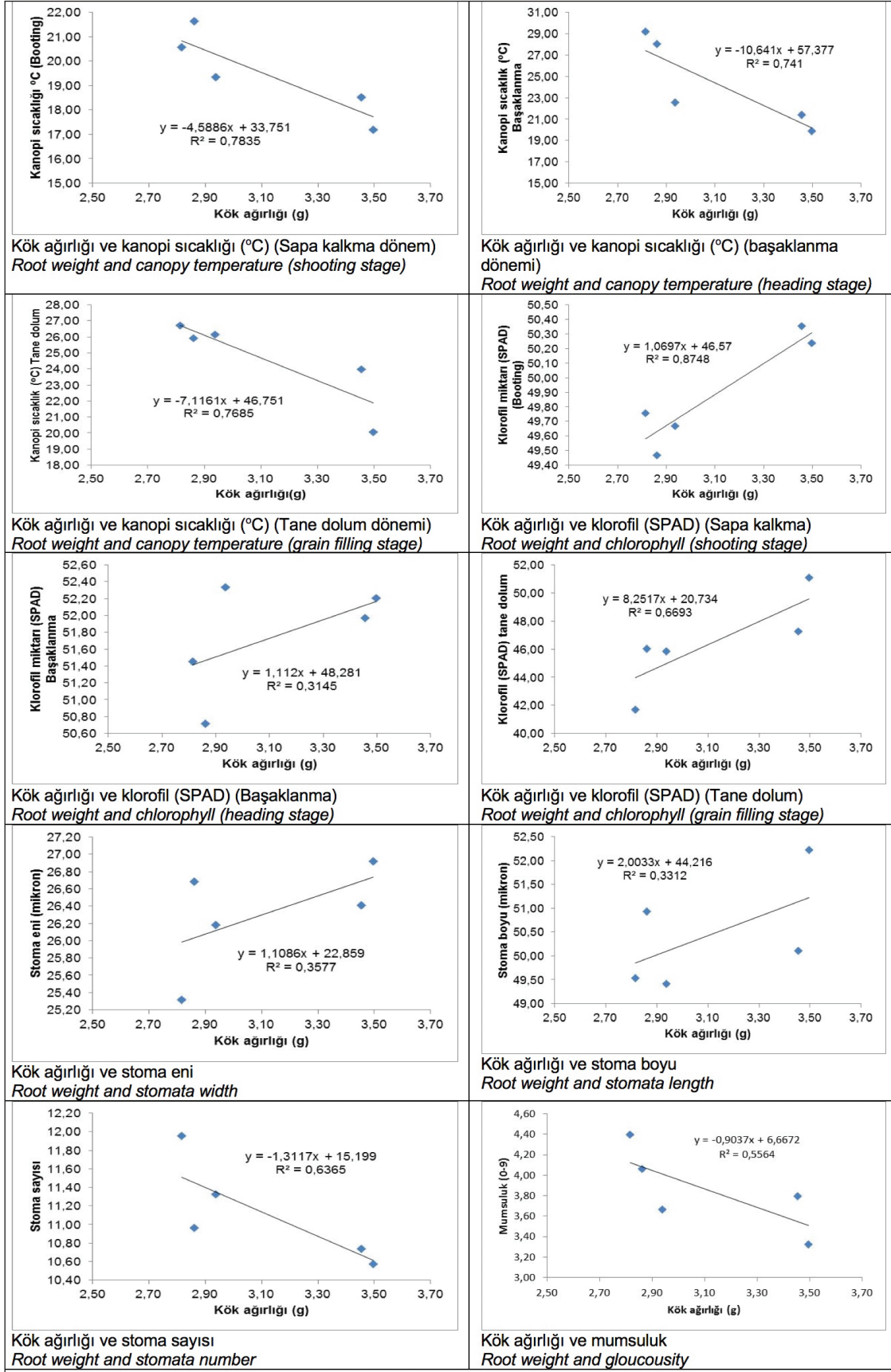
Çizelge 3. Genotiplere göre ortalama kök ağırlığı ve bazı fizyolojik parametreler

Table 3. Average root weight and some physiological parameters based on genotypes

No	Genotipler	KÖK	CTH	CHH	STS	MUM	BGS	OGS	TDS
1	Kate A-1	2.922 de	23.78 e	52.53 de	11.29 cd	6.1 b	163.3 g	200.9 ghı	32.9 def
2	Gelibolu	3.128 cd	24.12 cde	53.62 bc	11.42 cd	3.7 d	164.2 f	202.7 e	33.9 bc
3	Pehlivan	3.250 bc	24.14 cde	49.16 jk	11.21 cd	5.9 b	166.0 d	201.3 g	31.4 g
4	Tekirdağ	2.740 e	24.91 a	52.59 cde	10.90 def	1.0 ı	163.2 g	201.0 ghı	33.1 cde
5	Selimiye	2.967 de	24.30 bcd	49.98 ij	11.62 bc	5.0 c	164.0 f	201.1 gh	33.0 def
6	Aldane	2.813 e	24.47abc	51.39 fg	10.31 gh	5.1 c	162.4 h	200.5 ı	33.6 bcd
7	Flamura-85	2.953 de	24.38 bcd	53.01 bcd	10.87 d-g	2.8 e	165.6 de	202.3 ef	32.2 fg
8	Golia	2.937 de	24.70 ab	50.24 hı	13.09 a	1.2 hı	157.7 ı	199.0 j	34.8 a
9	BBVD7	3.480 ab	24.20 b-e	53.91 b	11.02 de	8.9 a	162.6 h	200.6 hı	33.7 bcd
10	Bereket	3.618 a	23.92 de	51.79 ef	10.18 h	5.1 c	165.1 e	202.1 f	32.7 ef
11	ÖVD26-07	2.788 e	24.43 a-d	50.75 ghı	10.50 e-h	2.0 fg	163.4 g	202.6 ef	34.0 ab
12	ÖVD2/21-07	3.483 ab	23.94 de	51.16 fgh	10.54 e-h	1.5 gh	168.3 c	205.4 b	32.6 ef
13	ÖVD2/27-07	3.121 cd	24.00 cde	55.23 a	10.41 fgh	6.3 b	164.2 f	203.4 d	34.3 ab
14	EBVD24-07	3.103 cd	24.02 cde	52.01 def	11.31 cd	1.1 hı	170.6 b	204.5 c	29.1 h
15	BBVD21-07	3.394 ab	24.48 abc	48.80 k	12.08 b	2.1 f	175.0 a	208.0 a	28.8 h
	Ortalama	3.113	24.25	51.74	11.12	3.85	165.0	202.4	32.67
	A.Ö.F (0.05)	0.23	0.52	1.03	0.58	0.50	0.47	0.54	0.85
	F	**	**	**	**	**	**	**	**

Not: \*\*P<0.01, \*P<0.05; KÖK: kök ağırlığı (g), CTH: Başaklanma dönemi kanopi sıcaklığı, CHH: Başaklanma dönemi klorofil, STS: Stoma sayısı, MUM: Mumsuluk oranı (1-9), BGS: Başaklanma gün sayısı, OGS: Olgunlaşma gün sayısı, TDS: Tane dolum süresi,

Note: \*\*P<0.01, \*P<0.05; KS: Drought stress, KÖK: root weight (g), CTH: Canopy temperature at heading, CHH: Chlorophyll at heading, STS: Stomata number, MUM: Gloucousity (1-9), BGS: Days of heading, OGS: Days of maturity, TDS: Days of grain filling



Şekil 1. Farklı kuraklık uygulamasında kök ağırlığı ile bazı fizyolojik karakterler arasında ilişkiler  
 Figure 1. The comparison of the root weight and some physiological characters under various drought stress

Çizelge 4. Farklı bitki gelişme dönemlerindeki kuraklığa göre kök ağırlığı ile bazı fizyolojik karakterler arasındaki korelasyon katsayıları

Table 4. Correlation coefficient among root weight and some physiological characters under various drought stress condition

Karakterler	Uygulama konuları				
	KÖK (KS1)	KÖK (KS2)	KÖK (KS3)	KÖK (KS4)	KÖK (KS5)
BGS	-0.657**	-0.449**	-0.106	-0.323**	-0.327**
OGS	-0.751**	-0.536**	-0.229*	-0.388**	-0.410**
TDS	-0.308**	-0.245*	-0.350**	-0.072	-0.030
MUM	0.178	0.248*	0.156	0.092	0.180
STS	0.057	-0.171	-0.210*	-0.023	0.087
STE	0.169	-0.033	0.047	0.272**	0.129
STB	-0.285**	0.100	0.165	-0.044	-0.210*
CHB	0.407**	0.234*	0.251*	0.373**	0.113
CHH	-0.286**	-0.094	-0.117	0.066	-0.149
CHGF	0.326**	0.613**	0.396**	0.468**	0.217*
CTB	-0.074	-0.101	0.042	-0.302**	-0.227*
CTH	-0.259*	-0.580**	-0.340**	-0.104	-0.318**
CTGF	-0.362**	-0.427**	-0.140	-0.413**	-0.393**

Not: \*\*P<0.01; \*P<0.05, KS: Kuraklık stresi, BGS: Başaklanma gün sayısı, OGS: Olgunlaşma gün sayısı, TDS: Tane dolum süresi, MUM: Mumsuluk, STS: Stoma sayısı, STE: Stoma eni (µ), STU: Stoma boyu (µ), CHB: Başaklanma öncesi klorofil, CHH: Başaklanma dönemi klorofil, CHGF: Tane dolum dönemi klorofil, CTB: Başaklanma öncesi kanopi sıcaklığı, CTH: Başaklanma dönemi kanopi sıcaklığı, CTGF: Tane dolum dönemi kanopi sıcaklığı

Note: \*\*P<0.01 \*P<0.05; KÖK: root weight (g), KS: Drought stress, BGS: Days of heading, OGS: Days of maturity, TDS: Days of grain filling, MUM: Gloucoucity (1-9), STS: Stomata number, STE: Stomata width, STU: Stomata length, CHB: Chlorophyll at booting stage, CHH: Chlorophyll at heading, CHGF: Chlorophyll at grain filling, CTB: Canopy temperature at booting, CTH: Canopy temperature at heading, CTGF: Canopy temperature at grain filling

artması dolayısı ile kuraklık ile mumsuluk arasında olumsuz ilişki belirlenmiştir. Bu sonuç mumsuluk oranı için genotip ve çevre koşullarının birlikte etki ettiği, mumsuluk yönünden genotip ve çevre koşullarının birlikte değerlendirilmesi sonucuna ulaşılmıştır.

Mumsu yapıya sahip çeşitlerin, mumsuzlara göre daha fazla biyolojik ve tane verimine sahip olduğu (Dakheel ve Makdis 1991), kurağa dayanıklı bitkiler, kurak koşullara uyum sağlamak için yaprak mumsuluk oranını artırması gibi bazı fizyolojik özellikleri içerdiği (Kalaycı ve ark. 1998), kuraklığa toleransta bitkilerde yaprak mumsuluğu değerlendirilmesi gereken önemli özelliklerden (Dencic ve ark. 2000) olduğunu belirten araştırmacıların bulgularını bu çalışmada da görmek mümkün olmuştur. Mumsuluk oranı yönünden genotipler arasında önemli varyasyon olduğu en fazla mumsuluk 8.9 oranı ile BBVD7 hattında belirlenirken, mumsuluğu en düşük Tekirdağ, EBVD24-07 ve Golia çeşitleri olmuştur.

Genotiplere göre ölçüm yapılan üç bitki gelişme döneminde de en düşük kanopi sıcaklığı Kate A-1 çeşidinde ölçülmüş olup

bu çeşidin yüksek verim potansiyeline sahip olması kanopi sıcaklığı ile verim arasındaki ilişkiyi doğrulamıştır. Araştırmada mumsuluk oranı en yüksek olan BBVD7 hattı, Kate A-1 çeşidinden sonra düşük kanopi sıcaklığı ölçülen diğer bir genotip olmuştur. Genotiplerde yapraklarda mumsuluk oranının artışı kanopi sıcaklığını düşürmüştür (Çizelge 4). En yüksek kanopi sıcaklıkları ise Golia ve Tekirdağ çeşitlerinde ölçülmüştür. Her iki çeşidin mumsuz ve açık yaprak rengine sahip olmaları kanopi sıcaklığının yaprak rengi ve mumsuluk oranı ile ilişkisini göstermiştir.

#### **Kök ağırlığı ile fizyolojik parametreler arası ilişkiler:**

Araştırmada farklı gelişme dönemlerinde kuraklık uygulamasında kök ağırlığı ile bazı karakterler arasındaki ikili ilişkiler incelenmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi kanopi sıcaklığı ile kök ağırlığı arasında başaklanma öncesi ( $r^2=-0.783$ ,  $n=5$ ) ve başaklanma dönemi ( $r^2=-0.741$ ,  $n=5$ ) ve tane dolum dönemlerinde ( $r^2=-0.768$ ,  $n=5$ ) olumsuz ilişki belirlenmiştir. Kanopi sıcaklığının tane verimi ile de olumsuz ilişkili olması bu ilişkiyi doğrulamaktadır.



Bitkide kök miktarının daha fazla olması bitkiye daha fazla su taşınacağı ve bu sonucun bitki kanopisinin daha serin olacağı sonucu ölçülen kanopi sıcaklığına da yansımıştır.

Genotiplerde kök ağırlığı ile başaklanma öncesi, başaklanma dönemi ve tane dolum dönemlerinde ölçülen klorofil kapsamı arasında olumlu ilişki belirlenmiştir. Kök ağırlığı ile klorofil kapsamı başaklanma öncesi ( $r^2=0.874$ ,  $n=5$ ) ve başaklanma dönemi ( $r^2=0.314$ ,  $n=5$ ) ve tane dolum dönemlerinde ( $r^2=0.669$ ,  $n=5$ ) olumlu ve farklı oranlarda ilişki saptanmıştır. Bitkide kök miktarının artışı bayrak yaprakta ölçüm yapılan klorofil kapsamını artırmış özellikle başaklanma dönemi öncesi ile tane dolum döneminde kök miktarının yaprakta klorofil kapsamının artışına daha fazla katkı yaptığı görülmüştür (Şekil 1).

Kök ağırlığı ile stoma yapısı karşılaştırıldığında stoma eni ve stoma boyu ile düşük oranda olumlu ilişki içerisinde olduğu görülmüştür. Bu sonuç kök miktarı arttıkça daha fazla su alması ve dolayısı ile stoma hacminin de arttığı yorumu yapılmıştır. Bitkide kök miktarı stoma hacmini olumlu yönde etkilerken stoma sayısı ile olumsuz ( $r^2=-0.636$ ,  $n=5$ ) yönde ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Ekmeklik buğdayda çeşitlerde mumsuluk özellikle kurak koşullarda daha öne çıkan bir karakter olup, mumsu yapıya sahip çeşitlerin, mumsuzlara göre daha fazla biyolojik verim ve tane verimine sahip olduğu (Dakheel ve Makdis 1991), kurağa dayanıklı bitkiler, kurak koşullara uyum sağlamak için yaprak mumsuluk oranını artırması gibi bazı fizyolojik özellikleri içerdiği (Kalaycı ve ark., 1998) yapılan çalışmalarda görülmüştür. Beş farklı seviyede uygulamanın yer aldığı bu çalışmada genotiplerde kök miktarının kurak koşullarda azalması ve mumsuluk oranının artmasından dolayı mumsuluk ile olumsuz yönde ilişkili olduğu belirlenmiştir ( $r^2=-0.556$ ,  $n=5$ ) (Şekil 1).

Araştırmada genotiplerde kök ağırlığı ile incelenen karakterler arasında farklı gelişme dönemlerine göre korelasyon katsayıları belirlenmiş ve Çizelge 4'te verilmiştir. Erken dönem kuraklık uygulamasında (KS1) bitkide kök miktarının başaklanma gün sayısı ( $r=-0.657^{**}$ ), olgunlaşma gün sayısı ( $r=-0.751^{**}$ ) ve tane dolum süresi ( $r=-0.308^{**}$ ) ile arasında olumsuz ilişkili olduğu görülmüş olup kök

miktarındaki artış genotiplerde olgunlaşma ve tane dolum süresinin uzamasına neden olmuştur. Benzer ilişki başaklanma ile fizyolojik olum dönemleri arasında uygulanan kuraklıkta da azalarak görülmüştür. Kuraklık stresi uygulanmayan (KS3) koşullarda ise bu ilişkinin daha azaldığı belirlenmiştir. Doğal uygulama ile tam kuraklık uygulamalarında da yakın ilişki olması kök miktarının özellikle bitkide sapa kalkma döneminden başaklanma dönemine kadar olan dönemde diğer dönemlere göre daha önem arz ettiği belirlenmiştir. Bitkide mumsuluk ile kök miktarı arasında sadece geç dönem kuraklıkta (KS2) önemli ve olumlu ilişki ( $r=0.248^*$ ) belirlenirken diğer gelişme dönemleri ve kuraklık uygulamalarında herhangi bir etkileşim bulunmamıştır. Sapa kalkma döneminde ve tane dolum süresinde bayrak yaprakta ölçümü yapılan klorofil miktarı bitkilerde kök miktarı ile yüksek oranda ilişkili olduğu görülmüştür.

Sapa kalkma döneminde yapılan ölçümlerde korelasyon katsayıları; erken dönem kuraklık uygulanan ana parselde kök miktarı ile klorofil miktarı arasında  $r=0.407^{**}$ , geç dönem kuraklık uygulanan ana parsellerde  $r=0.234^*$ , kuraklık stresi uygulanmayan ana parsellerde  $r=0.251^*$  ve doğal parsellerde  $r=0.373^{**}$  katsayıları saptanmıştır. Stres koşullarının çok yüksek olduğu tam kurak koşullarda ise herhangi bir ilişki görülmemiştir. Araştırmada tane dolum döneminde beş farklı uygulamada klorofil kapsamı ölçümü yapılmıştır. Belirlenen korelasyon katsayıları; sapa kalkma döneminde kuraklık uygulanan parsellerde  $r=0.326^{**}$ , geç dönem kuraklık uygulanan parsellerde  $r=0.613^{**}$ , kuraklık uygulanmayan koşullarda  $r=0.396^{**}$  olurken doğal parsellerde  $r=0.468^{**}$  ve tam kuraklık uygulanan parsellerde  $r=0.217$  olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar tane dolum döneminde kök miktarının yapraklardaki klorofil kapsamının artışına önceki bitki gelişme dönemlerine göre daha fazla etki ettiğini göstermiştir. Ayrıca geç dönem kuraklık stresi uygulanan koşullarda kök miktarındaki artış bayrak yapraktaki klorofil miktarını daha fazla artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4).

Kurağa dayanıklılıkta genotiplerde düşük kanopi sıcaklığı önemli bir fizyolojik parametre olup verim ile negatif ilişkili olduğu birçok araştırmacı tarafından açıklanmıştır (Reynolds ve ark., 2000; Blum, 2009). Araştırmada

erken dönem geç dönem ve tam kuraklık uygulamalarında kök miktarı başaklanma dönemi ile tane dolun dönemlerinde kanopi sıcaklığını önemli oranda düşürmüştür. Başaklanma döneminde yapılan ölçümlerde tespit edilen korelasyon katsayıları sırasıyla KS1'de  $r=-0.259^*$ , KS2'de  $r=-0.580^{**}$ , KS3'te  $r=-0.340^{**}$  ve KS5'te  $r=-0.318^{**}$  olarak belirlenmiştir. Tane dolun döneminde uygulama konularına göre yapılan ölçümlerde belirlenen korelasyon katsayıları ise sırasıyla KS1'de  $r=-0.362^{**}$ , K2'de  $r=-0.427^{**}$ , KS3'te önemsiz, KS4'te  $r=-0.413^{**}$  ve KS5'te  $r=-0.393^{**}$  olarak belirlenmiştir. Başaklanma ve tane dolun döneminde belirlenen bu ölçüm sonuçları kök miktarının fazla olması bitki gelişme dönemlerinin ileri devresinde genotiplerde kanopi sıcaklığını daha düşük seviyede tutmasına neden olmuştur.

### Sonuç

Kurağa dayanıklılıkta bitkilerde kök yapısı çok önemli bir karakter olup kök miktarı ve kök uzunluğu genotip ve çevre koşullarına göre değişkenlik göstermiştir. Araştırmada incelenen genotipler arasında en fazla kök ağırlığı Bereket çeşidinde belirlenirken, en düşük ağırlık Tekirdağ çeşidinde tespit edilmiştir. Genotiplerde kök miktarının artışı bitkilerde fotosentez için önemli unsurlardan olan klorofil kapsamının artışına katkı sağladığı belirlenmiştir. Bayrak yapraklarda ölçülen klorofil miktarı başaklanma öncesi ve tane dolun döneminde kök miktarı artışı ile arttığı görülmüştür. Bu sonuçlar tane dolun döneminde kök miktarının yapraklardaki klorofil kapsamının artışına önceki bitki gelişme dönemlerine göre daha fazla etki ettiğini göstermiştir. Ayrıca geç dönem kuraklık stresi uygulanan koşullarda kök miktarındaki artış bayrak yapraktaki klorofil miktarını daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Kuraklık stresi altında düşük kanopi sıcaklığı genotiplerin kuraklık stresine dayanıklılığında önemli fizyolojik göstergelerden biridir. Bitki örtüsü sıcaklığının bitki kök aksamı ile yüksek oranda ilişkili olduğu görülmüş olup, bitkilerde kök miktarı arttıkça bitki örtüsü sıcaklığında azalma olduğu tespit edilmiştir. Genotiplerde kök miktarının fazla olması bitki gelişme dönemlerinin ileri gelişme dönemlerinde kanopi sıcaklığını daha

düşük seviyede tutmasına katkı yapmıştır. Bu sonuçlar kök miktarının kurağa dayanıklılıkta önemli bir unsur olduğu bitki toprak üstü aksamının birçok agronomik özelliklerine farklı şekilde etkisinin yanında olgunlaşma, stoma yapısı, klorofil kapsamı ve kanopi sıcaklığı gibi birçok fizyolojik özellikleri de farklı şekilde etkilediğini göstermiştir. Araştırma sonucu incelenen fizyolojik parametrelerin ekmeleklik buğday genotiplerinde kök miktarının tahmin edilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

### Kaynaklar

- Adda A., Sahnoune M., Kaid-Harch M. and Othmane Merah O., (2005). Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Plant Biology and Pathology*. C. R. Biologies 328, France.
- Amani I., Fischer R.A. and Reynolds M.P., (1996) Evaluation of canopy temperature as a screening tool for heat tolerance in spring wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science* 176, 119–129.
- Ayeneh A., van Ginkel M., Reynolds M.P. and Ammar K., (2002). Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Research* 79 (2-3), 173–184.
- Babar M.A., Reynolds M.P., van Ginkel M., Klatt A.R., Raun W.R. and Stone M.L., (2006). Spectral reflectance to estimate genetic variation for in-season biomass, leaf chlorophyll and canopy temperature in wheat. *Crop Science* 46, 1046–1057.
- Blum, A. (2009). Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*, 112(2-3), 119-123.
- Dakheel A. and Makdis F., (1991). The Role of Glaucousness as a Selection Criterion for Drought Tolerance in Durum Wheat. *Cereal Improvement Program. Annual Report*, 120-121. ICARDA, Aleppo.
- Dencic S., Kastori R., Kobiljski B. and Duggan B., (2000). Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica* 113, 43-52.
- Dhanda S.S., Sethi G.S. and Behl R.K., (2004). Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *Journal of Agronomy crop Sci.*, 190(1)6-12.
- Elizabeth A.A. and Alistair R., (2007). The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising (CO): mechanisms and environmental interactions. *Plant Cell and Environ.* 30, 258-270.
- Fischer R.A., (2007). Understanding the physiological basis of yield potential in wheat. *Journal of Agricultural Science* 145, 99–113.

- Fischer, R. A. (2001). Selection Traits for Improving Yield Potential. Application of Physiology in Wheat Breeding. Eds.: Reynolds. Chapter-13, 148-159.
- Gomez K.A. and A.A. Gomez., (1984). Statistical Procedures for Agricultural Research. 2<sup>nd</sup> Ed. John Willey and Sons, Inc. New York. 641.
- Gregory P.J., Bengough A.G., Grinev D., Schmidt S., Thomas W.T.B., Wojciechowski T. and Young I.M., (2009). Root phenomics of crops: opportunities and challenges. Functional Plant Biology 36, 922–929.
- Hamblin A., Tennant D. and Perry M.W., (1990). The cost of stress–Dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat. Plant and Soil 122, 47–58.
- Heichel G.H., (1971). Genetic control of epidermal cell and stomatal frequency in maize. Crop Science, 11, 830-832
- Hoad S. P., Russel G., Kettlewell P. S. and Belshaw M., (2004). Root system management in winter wheat: practices to increase water and nitrogen use. HGCA Project Report No, 351.
- Jianwu T., Paul V.B., Brent E.E., Ankur R.D. and Kenneth J.D., (2006). Sap flux-upscaled canopy transpiration, stomatal conductance and water use efficiency in an old growth forest the Great Lakes region of the United States. Journal of Geophysical Research, 111.
- Kalaycı M., Özbek V., Çekiç C., Ekiz H., Keser M. and Altay F., (1998). Orta Anadolu Koşullarında Kurağa Dayanıklı Buğday Genotiplerinin Belirlenmesi ve Morfolojik ve Fizyolojik Parametrelerin Geliştirilmesi. TÜBİTAK Araştırma Projesi Kesin Raporu. Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Eskişehir.
- Kalaycı M., (2005). Örneklerle Jump Kullanımı ve Tarımsal Araştırma için Varyans Analiz Modelleri. Anadolu Tarımsal Araştırma Enst. Müd. Yayınları, Yayın No: 21, Eskişehir.
- Kinyua M.G., Njoka E.M., Gesimba R.M. and Birech R.J., (2006). Selection of drought tolerant bread wheat genotypes using root characteristics at seedling stage. International Journal of Agriculture and Rural Development. School of Agriculture and Agricultural Technology, Federal University of Technology.
- Öztürk İ., Kahraman T., Avcı R., Girgin V.Ç., Aşkın O.O., Aşkın B., Tuna B. and Tülek A., (2016). Effect of Rainfall and Humidity During Shooting and Grain Filling Period on Yield and Quality in Bread Wheat. VII International Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2016", Book of Proceeding, 1392-1400. Johorina, Bosnia and Herzegovina.
- Passioura J.B., (1983). Root and drought resistance. Agricultural Water Management. 7, 265-280.
- Reynolds M. P., Delgado B. M. I. (2000). Gutierrez Rodriguez M., Larque-Saavedra A. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. I. Genetic diversity and crop productivity. Field Crops Research. vol. 66, p. 37–50.
- Siddique K.H.M., Belford R.K. and Tennant D., (1990). Root-shoot ratios of old and modern, tall and semidwarf wheats in a mediterranean environment. Plant and Soil 121, 89–98.
- Van Noordwijk M., (1983). Functional interpretation for root densities in the field for nutrient and water uptake. Root Ecology and its Practical Application, International Symposium Gumpenstein, 207-226.
- Zadoks J.C., Chang T.T. and Konzak C.F., (1974). A decimal code for growth stages of cereals. Weed Res. 14, 415-421.