

Farklı Bitki Gelişme Dönemlerindeki Kuraklık Uygulamasının Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.)’da Kök Ağırlığına Etkisi ve Bazı Agronomik Karakterlerle İlişkisi

İrfan ÖZTÜRK^{1*}

Kayıhan Z. KORKUT²

¹⁾ Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne

²⁾ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ

*Sorumlu yazar: irfan.ozturk@tarim.gov.tr

Geliş Tarihi (Received): 22.11.2017

Kabul Tarihi (Accepted): 10.04.2018

Bilindiği üzere kuraklık olgusu ekmeklik buğdayda üretimi sınırlayan en önemli abiyotik stres faktörlerüdür. Kök yapısı genotiplerin kurağa tepkisini belirleyen en önemli unsurdur. Bu çalışmada bazı ekmeklik buğday genotiplerinin farklı kuraklık düzeyinde kök ağırlıkları ile verim unsurları ve 1000 tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein oranı, gluten ve gluten indeksi, sertlik ve sedimentasyon miktarı gibi kalite karakterleri ile ilişkileri incelenmiştir. Çalışma, 2008-2009 ve 2009-2010 yıllarında Trakya TAE deneme tarlasında, 2 yıl süre ile yürütülmüş ve 15 genotip bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak ekilmiştir. Denemede 5 ana parselde farklı kuraklık uygulamaları, alt parsellerde ise genotipler yer almıştır. Araştırmada, sapa kalkma döneminden fizyolojik olum dönemine kadar farklı kuraklık uygulaması yapılmıştır. Kuraklık uygulamaları, ölçülen özellikleri önemli oranda etkilemiş; kuraklık stresi uygulanması kök ağırlığını farklı oranlarda azaltmıştır. Buna göre, genotiplerde 3.618 g ile en çok kök ağırlığı Bereket çeşidinde, en az 2.740 g ile Tekirdağ çeşidinde tespit edilmiştir. Kuraklık uygulamalarına göre en az kök ağırlığı 2.815 g ile tam kuraklık uygulanan parselde ve Flamura-85 ile Tekirdağ çeşitlerinde ölçülürken; en fazla kök ağırlığı 3.496 g ile kuraklık stresi uygulanmayan KS3 parselinde ve Bereket çeşidinde belirlenmiştir. Araştırmada kuraklığın uygulandığı KS1, KS2 ve KS5’teki kök ağırlığı artışı tane verimini, biyolojik verimi ve bazı verim unsurlarını artırmıştır. Kök ağırlığındaki artış hektolitre ağırlığı, sedimentasyon miktarı ve gluten indeksi ile negatif ilişkili olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.), genotip, kuraklık, kök ağırlığı, agronomik karakter

Investigation of Drought Effect in Various Plant Development Stage on Root Weight in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Relationship between Root Weight and Some Agronomic Traits

Drought is the most important abiotic stress factor limiting production in bread wheat and in arid conditions root development determines the response of the genotypes. In this research, it was investigated that root weight of some bread wheat genotypes under different drought stress condition and the relation between root weight and yield, yield components, and quality characters such as 1000-kernel weight, test weight, protein ratio, gluten and gluten index, hardness and sedimentation. value. This study was carried out in Trakya Agricultural Research Institute during 2 growing seasons with totally 15 bread wheat genotypes in a split block design with 3 replicated. Drought applications and genotypes were main plot and sub-plot, respectively. Drought applications were performed from stem elongation stage to physiological maturing stage. Drought stress treatments have significantly affected the measured traits. Based on the treatment the highest root weight with 3.618 g was weighed in Bereket cultivar, lowest weight with 2.815 g was obtained from Tekirdağ cultivar. While lowest root weight a value of 2.815 g was scaled at fully drought condition, highest root weight with 3.496 g was determined from non-stress treatment (KS3). Increasing in root weight was decreased some quality traits such as test weight, sedimentation, and gluten index.

Key Words: Bread wheat (*Triticum aestivum* L.), genotypes, drought, root weight, agronomic characters

Giriş

Kuraklık; Trakya Bölgesi’nde bazı yıllarda ve özellikle bitkilerde yağış isteğinin çok olduğu Nisan ve Mayıs aylarındaki miktar ve dağılışının yetersizliğinden dolayı önemli bir sorun olarak

ortaya çıkmaktadır (Öztürk et al., 2016). Genotiplerde değişen koşullara uyum ve adaptasyon yeteneğinin artırılması, verim ve kalite özelliğinin iyileştirilmesi farklı ıslah yöntemleri ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle kurağa dayanıklılığı iyi olan çeşitlerin geliştirilmesi ıslahçı

ve ıslah programlarının temel hedeflerindedir (Akçura ve ark., 2009). Bir toprağın üst tabakasındaki nem ile alt tabakasındaki sertlik bitki kök gelişimi ve uzunluğunu değiştiren etmenlerdir. Kuraklık, genelde bitkide kök gelişimine engel olmakta; nemli koşullarda köklerdeki uzunluk genelde artarken kurak koşullarda azalmaktadır. Oldukça dinamik bir yapıya sahip olan bitkinin kök kısmı, toprakta yağışla birlikte artan nemli koşullarında dallanmasını yenilemekte ve böylelikle kurak zararından korunabilmektedir (Blum 1996). Kökler besin elementi ve su alımı işlevleri göz önünde bulundurulduğunda bitkinin çok önemli bir parçasıdır (Fitter ve ark., 1991). Buğday'da kök sisteminin hacmi, çevre koşullarına bağlı olarak değişmekte, yatay gelişmesi 30-60 cm arasında olmakta, derinliği ise 100 cm'ye kadar inmekte; ancak, toplam uzunluğunun yaklaşık % 70'i toprağın (0-30) cm'lik üst kısmında yer almaktadır. Buğday bitkisinde kök gelişimi çimlenme ve çiçeklenme dönemleri arasında olmaktadır (Barley, 1970; Evans ve ark., 1975). Buğdayda kök sistemleri, toprak yüzey tabakasında aşırı kök gelişimi ve derinlikteki yetersiz kök uzunlukları olması nedeniyle özellikle toprak altı suyuna erişmek için uygun olmayabilir. Topraktaki su ve azot kaynaklarını elde etmek için yeterli kök uzunluğu 0.1 ila 1 cm/cm²'dir (Van Noordwijk, 1983). Modern buğday çeşitlerinde, birçok toprak tabakasındaki kök uzunluğunu yoğunluğu, su ve önemli besin maddelerinin alınması için gerekli olan miktarın üzerine çıkmaktadır (Hoad ve ark., 2004). Buğdayda ilk kök ile yan kök gelişim oranları günlük 0.5 cm-3.0 cm arasında değişir (Barley, 1970; Evans ve ark., 1975). Ancak, çevresel ve genetik faktörler arasındaki etkileşimi ise kuvvetli gelişen bir kök sistemi gelişimini belirler (Passioura, 1983). Yapılan çalışmalara göre, buğdaydaki çiçeklenmeden sonra 1.2 m'den derinlikteki yeraltı suyuna erişim; marjinal su kullanım verimliliğini artırarak tane veriminin arttığı (Kirkegaard ve ark., 2007); su stresinde kök özelliklerinin önemli düzeyde etkilendiği ve stresin şiddetine de bağlı olarak kök uzunluğu ile kök kuru madde oranı gibi karakterlerde azalmaların ortaya çıktığı (Adda ve ark., 2005); ancak sürgün ve kök uzunluğu bakımından genotipler arasındaki değişimin daha çok olduğu (Dhanda ve ark., 2004) belirlenmiştir. Öte yandan, bilinmektedir ki kurağa dayanıklı ekmeklik buğday genotipleri, duyarlılara göre bitki taç bölgesinde genelde uzun boylu olmayan daha çok sayıda kök bulundurur. Kurağa duyarlı genotiplerin kökleri daha çok absorpsiyon alanına sahip olup, kök derinliği, toplam kök uzunluğu,

oransal absorpsiyon alanı, kök sayısı, yayılımı ve yoğunluğunda önemli farklılıklar vardır (Kinyua ve ark., 2003). Kurağa dayanıklılıkta ekmeklik buğday birçok morfolojik ve fizyolojik karakterler farklı etkiye sahiptir. Genotiplerde başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı ve tane verimi, bitki boyu ve başakta başakçık sayısı özellikleri bu bakımdan çok daha duyarlıdır (Dencic ve ark., 2000). Araştırmada farklı bitki gelişme dönemlerindeki kuraklık uygulamalarının denemede kullanılan ekmeklik buğday genotiplerindeki kök miktarına etkisi ve değişimi ile biyolojik verim, hasat indeksi, bitki boyu, m²'de başak sayısı, başakta başakçık ve tane sayısı ve başak uzunluğu gibi verim unsurları incelenmiştir. Ayrıca; 1000 tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, protein oranı, gluten ve gluten indeksi, sertlik ve sedimantasyon miktarı gibi kalite parametreleri ve bu parametrelerin kök ağırlığı arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Edirne'nin tarla koşullarında, 2008-2009 ve 2009-2010 yıllarında 2 yıl süreyle yürütülmüş olup, deneme materyali olarak 15 ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotipi kullanılmıştır. Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı kurulmuştur. Araştırmada, 5 ana parselde kuraklık uygulamaları, alt parsellerde ise 15 genotip yer almıştır. Denemede parsel alanı 6 m² olup (6 sıralı ve sıra arası 17 cm) ekimde metrekaareye 500 tohum kullanılmıştır. Kuraklık uygulaması yapılacak parsellere; üzerinde açılır-kapanır sistemin olduğu ve kuraklık stresinin oluşturulabildiği portatif seralar kurulmuştur. Araştırmada ana parsellerde Zadoks iskalasına göre ayarlanan 5 farklı kuraklık uygulaması yer almıştır. İlk uygulamada (KS1) GS31-51 dönemleri arasında kuraklık uygulanmış ve izleyen tane dolmuş döneminde günlük buharlaşma su miktarına göre bir kez sulanmıştır. İkinci uygulamada (KS2) GS51-94 döneminde kuraklık uygulanıp, sapa kalkma ile başaklanma dönemi arasında günlük buharlaşma su miktarına göre bir kez sulanmıştır. Üçüncü uygulamada (KS3) kuraklık stresi uygulanmamış ve sapa kalkma, başaklanma ve tane dolmuş olmak üzere günlük buharlaşan su miktarına göre 3 kez sulanmıştır. Dördüncü uygulama (KS4; Kontrol) kontrol parseli olup herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Sonuncu ve beşinci uygulamada ise (KS5) GS31-94 dönemi arasında tam kuraklık uygulaması yapılmıştır.

Hasattan hemen sonra 50 cm derinliğinde ve 17 cm çapında silindirik metal kaplar yardımıyla parsellerden bitki örnekleri alınmış; daha sonra bitkilerin kök kısımları önce içerisinde yeteri miktarda su bulunan plastik kaplara konulmuş, ardından kolayca yıkanıp, çıkarılabilmesi için iki gün aynı kaplarda bekletilmiştir.

Araştırmada kök ağırlığı (g) ile kök ağırlığının (g); tane verimi (kg da⁻¹), biyolojik verim (kg da⁻¹), hasat indeksi (%), m² 'de başak sayısı, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başak boyu (cm), bitki boyu (cm), üst boğum arası uzunluğu (cm), bayrak yaprağı alanı (cm²) ile ilişkileri incelenmiştir. Ayrıca; bin tane ağırlığı (g), hektolitre ağırlığı (kg), protein oranı (%), tane sertliği (PSI), sedimentasyon değeri (ml), gluten miktarı (%) ve gluten indeksi (%) (ICC Standart No: 110, 105, 106, 155, 116'e metodu)

(Atlı, 1987; Köksel ve ark., 2000; Anonim, 2002; Elgün ve Ertugay, 1992; Johansson ve ark., 2004) değerleri ve bu değerlerin kök ağırlıkları ile ilişkileri incelenmiştir. Araştırmada elde edilen verilerin istatistiki analizi ile ortalama değerler arasındaki asgari önemlilik farkı (AÖF) testi (p<0.01 ve p<0.05 olasılıklarında) ile değerlendirilmiştir (Gomez ve Gomez, 1984), karakterler arasındaki korelasyon analizi Pearson'a göre yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırmada kök ağırlığına göre genotip ve uygulamalar ile bunların arasındaki interaksiyon p < 0.01 istatistiksel düzeyinde önemli bulunmuş; kök ağırlığı 3.618 g ile en çok Bereket çeşidinde hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Farklı kuraklık uygulamalarında genotiplerin ortalama kök ağırlığı

Table 1. Mean root weight of the genotypes under various drought stresses

Ç. No	Genotipler	Kuraklık Uygulamaları					Kök Ağırlığı (g)
		KS1	KS2	KS3	KS4	KS5	
1	Kate A-1	2.765	3.181	3.392	2.773	2.498	2.922 de
2	Gelibolu	2.653	3.753	3.389	3.141	2.703	3.128 cd
3	Pehlivan	2.955	3.429	3.477	3.240	3.152	3.250 bc
4	Tekirdağ	2.619	3.078	2.933	2.633	2.436	2.740 e
5	Selimiye	2.645	3.408	3.468	2.725	2.591	2.967 de
6	Aldane	2.469	3.157	3.203	2.597	2.640	2.813 e
7	Flamura-85	2.827	3.142	3.770	2.666	2.358	2.953 de
8	Golia	3.001	3.148	2.996	2.705	2.834	2.937 de
9	BBVD7	3.418	3.904	3.783	2.847	3.447	3.480 ab
10	Bereket	3.041	4.397	3.985	3.359	3.309	3.618 a
11	ÖVD26-07	2.689	3.133	3.028	2.666	2.827	2.788 e
12	ÖVD2/21-07	3.229	3.523	3.893	3.723	3.047	3.483 ab
13	ÖVD2/27-07	2.901	3.377	3.507	3.153	2.669	3.121 cd
14	EBVD24-07	2.706	3.409	3.780	2.815	2.805	3.103 cd
15	BBVD21-07	3.006	3.794	3.839	3.413	2.921	3.394 ab
	Ortalama	2.861 bc	3.455 a	3.496 a	2.937 b	2.815 c	3.113

Bu bakımdan (kök ağırlığı) diğer yüksek değerler 3.394 g ile BBVD21-07 ve 3.483 g ile ÖVD2/21-07'de; en düşük kök ağırlıkları ise sırası ile 2.740 g ile Tekirdağ, 2.788 g ile ÖVD26-07 ve 2.813 g ile Aldane 'de ölçülmüştür (Çizelge 1). Kurakta kök ağırlığı azalırken, sulu ya da sulama koşullarında artmıştır. Buna göre, beş farklı düzeyde kuraklığın incelendiği araştırmada 3.496 g ile en çok kök ağırlığı KS3 uygulaması yapılan parselde ölçülürken, bu değer GS51-94 döneminde (KS2) 3.455 g olmuştur. Kuraklık uygulamalarına göre en düşük kök ağırlığı 2.815 g ile tam kuraklığın uygulandığı KS5 ana parselinde belirlenmiş olup, kök gelişiminin ekmeclik buğdaylarda

başaklanmaya kadar devam ettiğini ama daha sonra yavaşladığı; kuraklık stresinin ise kök ağırlığını azalttığını fakat sulu koşullarda artırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, uygulama konuları yönünden tane verimi, verim unsurları ve kalite karakterlerindeki farklılık 0.01 istatistiksel önem düzeyinde bulunmuştur (Çizelge 2). Kuraklık uygulamalarına göre en yüksek tane verimi, biyolojik verim, hasat indeksi, bitki boyu, metrekarede başak sayısı, başakta tane sayısı, başakta başakçık sayısı ve başak uzunluğu kuraklık uygulanmayan koşullarda, en düşük değerler ise tam kuraklık uygulamasından alınmış (Çizelge 2); genotiplere göre en yüksek verim 658.3 kg da⁻¹ ile

Bereket çeşidinde bulunurken, 651.0 kg da⁻¹ ile BBVD7 ve 631.5 kg da⁻¹ ile Kate A-1 diğer yüksek verimli genotipler olmuş; en yüksek biyolojik verim

değerlerini ise sırasıyla 2539.4 kg da⁻¹ ile Kate A-1, 2439.3 kg da⁻¹ ile BBVD7 ve 2417.4 kg da⁻¹ ile Pehlivan çeşitleri oluşturmuştur.

Çizelge 2. Kuraklık uygulamalarına göre ortalama kök ağırlığı, verim, verim ögeleri ile kalite değerleri

Table 2. Mean root weight, yield, yield components and quality values according to drought treatments

Uygulama	KÖK	VRM	BVR	HI	BOY	MKB	BTS	BBS
KS1	2.861 bc	549.9 d	2120.1 d	38.46 a	88.46 c	417.3 d	32.65 d	15.81 d
KS2	3.455 a	563.9 c	2368.5 b	34.44 d	92.02 b	446.0 b	35.54 b	16.56 b
KS3	3.496 a	763.8 a	2975.9 a	37.73 ab	96.36 a	486.8 a	41.38 a	17.39 a
KS4	2.937 b	579.7 b	2205.2 c	37.40 b	88.21 c	432.6 c	34.05 c	16.08 c
KS5	2.815 c	457.8 e	1594.4 e	36.28 c	85.38 d	366.9 e	29.10 e	14.32 e
Ortalama	3.113	583.0	2252.8	36.86	90.09	429.9	34.54	16.04
A.Ö.F (0.05)	0.11**	12.69**	64.89**	0.76**	0.63**	10.88**	0.73**	0.21**
Uygulama	BŞU	BTA	HLA	PRT	TSR	SED	GLT	IND
KS1	7.38 d	38.50 b	80.81 b	11.69 c	54.0 a	43.07 b	31.93 c	81.92 c
KS2	7.92 b	35.71 c	79.16 d	12.54 a	55.4 a	43.02 b	33.68 a	82.61 bc
KS3	8.35 a	40.85 a	81.18 a	11.63 c	53.9 b	40.93 c	30.87 d	85.74 a
KS4	7.60 c	35.78 c	79.87 c	12.18 b	53.2 c	43.83 a	32.70 b	83.59 b
KS5	7.07 e	34.59 d	77.59 e	11.31 d	53.7 b	39.03 d	29.83 e	83.37 b
Ortalama	7.66	37.08	79.72	11.86	54.1	41.98	31.80	83.44
A.Ö.F (0.05)	0.11**	0.38**	0.16**	0.19**	0.36**	0.72**	0.65**	1.14**

Not: **:P<0.01 ve *:P<0.05; KÖK: Kök ağırlığı (g), VRM: Tane verimi (kg/da), BVR: Biyolojik verim (kg/da), HI: Hasat indeksi (%), BOY: Bitki boyu (cm), MKB: Metrekarede başak sayısı, BTS: Başakta tane sayısı, BBS: Başakta başakçık sayısı, BŞU: Başak uzunluğu (cm), BTA: Bin tane ağırlığı (g), HLA: Hektolitire ağırlığı (kg), PRT: Protein (%), TSR (NIR): Tane sertliği, SED: Sedimentasyon (Zel) (ml), GLT: Gluten oranı (%), IND: Gluten indeksi (%), KS: Kuraklık stresi, AÖF: Asgari Önemli Fark.

Sapa kalkmadan başaklanmaya kadar olan kuraklığın (GS31-51) tane dolun dönemindeki (GS51-94) kuraklığa göre tane verimini daha çok etkilediği belirlenmiştir. Biyolojik verimde de tane verimine benzer sonuçlar alınmış; ayrıca, benzer sonuçlara bitki boyu, metrekarede başak sayısı, başakta tane sayısı, başakta başakçık sayısı ve başak uzunluğu karakterleri için de ulaşılmıştır. Başaklanma dönemine kadar biyolojik verim, başak, başakçık ve başakta tane sayısı gibi bitkide verimle ilişkili birçok karakterlerin belirlenmesinden dolayı yukarıda ifade edilen bu karakterler GS31-51 dönemindeki kuraklık stresinden, GS51-94'e göre daha çok etkilenmiştir. Stres koşullarında tane verimi ile metrekarede başak sayısı arasında olumlu ilişkinin olduğu (Anonim, 1987) bu araştırmayla da doğrulanmış, ayrıca m²'deki başak sayısı ile tane verimi ve biyolojik verimle hasat indeksi arasında ilişki bulunduğu anlaşılmış; başakta başakçık sayısının yüksekliği ise tane ve biyolojik veriminde artışa neden olmuştur. Özellikle, Aldane çeşidinde

başakta tane sayısı, başak boyu ve başakta başakçık sayısı gibi verim ögelerindeki düşüklük, çeşidin verimine de yansarak ilgili değerlerinin de ortalama verim düzeyinin altında kalmasına neden olmuştur. Öte yandan, araştırmada başak boyunun artması başaktaki tane sayısının artmasından dolayı genotiplerdeki tane verimi ile biyolojik verimin artmasına olumlu yönde katkı yapmış; ancak, hasat indeksinde azalmaya neden olmuştur.

Her iki yılda en uzun (BBVD21-09 hattı 9,17 cm) ve en kısa başakların (Golia 6,57 cm) aynı genotiplerde ölçülmesi başak boyunun çoğunlukla genotiple ilişkili olduğunu, aynı zamanda uygulamaların da etkili olması nedeniyle başak taslağının olduğu dönemlerdeki yağış ve sıcaklık gibi iklim faktörleriyle de ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmada ele alınan kalite özelliklerinin değerlendirilmesi sonucunda beklenildiği gibi sulama koşullarının tane iriliğini artırması nedeniyle en yüksek bin tane (40.85 g) ve hektolitire ağırlığı (81.18 kg) kuraklık stresi uygulanmayan, en düşük değerler (1000-tane

ağırlığı 34.59 g, hektolitre ağırlığı 77.59 kg9 ise tam kuraklık uygulanan parselde ölçülmüştür. Ayrıca, GS51-94'deki kuraklık nişasta dolum süresini olumsuz yönde etkilemesinden dolayı GS31-51'dekine göre bin tane ve hektolitre ağırlığı daha çok etkilemiştir. Bu durum, ekmeçlik buğdayın tane ağırlığında başaklanma dönemindeki yağışın önemli bir unsur olduğunu göstermiştir. Nitekim deneme materyali olarak kullanılan ve bin tane ağırlığı yüksek olan genotiplerde tane verimin de artış gösterdiği saptanmıştır. Genotip ve çevrenin farklı oranlarda etkilediği hektolitre ağırlığına göre genotiplerde en çok miktar (83.19 kg) Selimiye çeşidinde belirlenmiş olup, bütün uygulamalarda en yüksek hektolitre ağırlığının bu çeşitte ölçülmesi tane yapısının çevre koşulları yanında genotipik yapıya da bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Buğdayda kuru ağırlığının %65'ten çoğunu oluşturan nişasta kapsamındaki azalmanın verim düşüklüğüne neden olması (Barnabas et al., 2008; Rakszegi et al., 2006; Yan et al., 2008), tane dolum dönemindeki kuraklığın nişasta birikim dönemini olumsuz etkilemesinden dolayı kurak koşullardaki tane ağırlığının da azalmasına da etki yapmıştır.

Tane dolum dönemindeki yüksek sıcaklık, buğdayın tane verimi ve kalitesini etkileyen önemli çevre faktörlerindedir. Yapılan araştırmalar, çiçeklenme döneminden sonraki yüksek sıcaklığın tane dolum süresini azalttığını göstermiştir (Wardlaw ve Moncur, 1995; Veisz et al., 2008). Öte yandan, buğdayda kuru ağırlığının %65'inden çoğunu oluşturan nişasta kapsamındaki azalmanın hızlı ve şiddetli olması doğrudan doğruya verimin düşmesine neden olur (Rakszegi ve ark., 2006; Barnabas et al., 2008). Araştırmada tane dolum dönemindeki kuraklık stresinin tane dolum süresini kısalttığı, dolayısı ile nişasta dolum süresinin azaltarak, bin tane ağırlığı ile hektolitre ağırlığının da azalmasına yol açmıştır.

Ekmeçlik buğdayda önemli kalite özellikleri arasında olan protein çevre koşullarından çok etkilenen özellik olduğu görülmüştür. Farklı bitki gelişme dönemlerinde uygulanan kuraklık düzeylerine göre protein oranı % 11.31 - % 12.54 arasında olmuş; bu bakımdan en yüksek değer geç dönem kuraklıkta tespit edilmiştir. Tane dolum dönemlerinde yapılan sulama koşullarında protein oranının düşmesinden dolayı Trakya Bölgesi için protein oranındaki düşüklüğün tane dolum süresindeki yüksek yağıştan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca araştırmada en az protein oranının tam kurak uygulanan parsellerden alınmış olması, özellikle N'lu gübrelemeden de

yeterince yararlanmadığı gibi protein birikimi süresince kuraklığın olması tanedeki protein birikimini de olumsuz yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmada en yüksek sedimantasyon değeri, Aldane'de saptanmış olup, aynı çeşitte ve tüm kuraklık uygulamalarında da yüksek sedimantasyon değerinin bulunması, bu özellik bakımdan da çevre ve genotipin etkili olduğunu göstermiştir. Kuraklık uygulamaları esas alınarak yapılan değerlendirmede en yüksek sedimantasyon değeri kontrol parsellerde (43.88 ml) ölçülürken, tam kuraklığın uygulandığı parsellerde en düşük sedimantasyon miktarı (39.03 ml) bulunmuştur. Kuraklık uygulamalarına göre GS51-94'de en yüksek gluten değeri (%33.68) tespit edilmiştir. Başaklanmaya kadar kuraklık stresinin olmaması ve tane dolum döneminde ise topraktaki nispeten düşük nemli koşullar genotiplerde gluten miktarını artırmış; ayrıca, kuraklık uygulamalarının gluten indeksini düşürdüğü anlaşılmıştır ki elde edilen tüm bu sonuçlar gluten indeksinde de genotip ve çevrenin etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Araştırmada kök ağırlığı ile incelenen karakterler arasındaki korelasyon katsayıları Pearson'a göre belirlenmiştir (Çizelge 3). Sapa kalkmadan başaklanmaya kadar (GS31-51) olan dönemde uygulanan kuraklıkta, kök miktarının fazlalığı biyolojik verimde ve üst boğum uzunluğunda artışı sağladığı gibi protein oranı, tane sertliği ve gluten oranında da artışa yol açmıştır. Araştırmada genotiplerde erken gelişme döneminde kök miktarındaki artışın kalite özelliklerinin de artışa yol açtığı görülmüştür. Araştırmada, başaklanma döneminden fizyolojik oluma kadar olan (GS51-94) kuraklık koşullarında kök ağırlığındaki artış, genotiplerin tane verimi ($r=0.271^{**}$) ile biyolojik verimi önemli ($r=0.387^{**}$) oranda artırmış; kök miktarındaki bu artış üst boğum arası, bitki boyu, metrekarede başak ve başakta tane sayısı gibi karakterlerde önemli oranda artışa neden olmuştur.

Sapa kalkma döneminden fizyolojik olum dönemine kadar tam kuraklık uygulanan koşullarda (GS31-94) kök ağırlığı tane verimi artışına önemli katkı yapmıştır. Araştırmada biyolojik verim ile kök miktarı arasında kuraklık uygulanan üç dönemde de pozitif ilişki tespit edilmiştir. Tam kuraklık uygulamasında da kök ağırlığı ile biyolojik verim arasındaki ilişki ($r=0.341^{**}$) çok önemli olmuştur. Kök ağırlığının artışı genotiplerde bütün kuraklık uygulamalarında olgunlaşma ve tane dolum süreleri ile negatif ilişki göstermiş; geç dönemdeki

kuraklık uygulamasında kök miktarı çok olan genotiplerdeki bitki boyunun daha uzun olduğu görülmüştür. Kök miktarı ve bitki boyu arasında pozitif ilişki belirlenirken en yüksek oran ($r=0.337^{**}$) GS51-94 döneminde tespit edilmiştir. Öte yandan, bitki gelişiminin üç farklı döneminde ve kuraklık stresinde kök miktarındaki artış üst boğum uzunluğunu da artırmıştır. Araştırmada kök

miktarındaki artış bazı uygulamalarda verim unsurlarını olum yönde etkilemiştir; başaklanma öncesi erken dönem kuraklık ile geç dönem kuraklıkta kök miktarındaki artış, m^2 'de başak sayısını ve başakta tane sayısını artırmış; benzer şekilde başakta başakçık sayısı için tam kurak koşullar ile kontrol uygulamasında artış gözlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kök ağırlığı ile bazı agonomik karakterler arasındaki korelasyon katsayıları

Table 3. Correlation coefficient among root weight and some agronomic characters

Karakterler	Uygulama konuları				
	KÖK (KS1)	KÖK (KS2)	KÖK (KS3)	KÖK (KS4)	KÖK (KS5)
VRM	0.182	0.271**	-0.203	0.022	0.215*
BVR	0.214*	0.387**	0.047	0.120	0.341**
HI	0.086	0.190	-0.172	-0.027	-0.227*
BOY	0.040	0.337**	0.119	0.154	0.175
BŞU	-0.185	0.071	0.156	0.270*	-0.020
ÜBU	0.398**	0.411**	-0.072	0.048	0.249*
MKB	0.216*	0.499**	-0.203	0.097	0.144
BBS	-0.251*	0.047	0.113	0.333**	0.354**
BTS	0.130	0.287**	-0.094	0.278**	0.202
BYA	0.089	0.114	-0.050	0.161	0.197
HLT	-0.427**	-0.248*	-0.426**	-0.388**	0.171
BTA	0.093	0.150	0.013	0.030	0.364**
PRT	0.304**	-0.154	-0.153	0.041	-0.089
TSR	0.389**	0.123	-0.016	-0.045	0.212*
SED	-0.435**	-0.451**	-0.247*	-0.234*	-0.305**
GLT	0.453**	-0.032	0.070	0.168	0.099
IND	-0.515**	-0.297**	-0.248*	-0.225*	-0.259*

Not: **:P<0.01 ve *:P<0.05; VRM: Tane verimi (kg/da), BVR: Biyolojik verim (kg/da), HI: Hasat indeksi (%),BOY: Bitki boyu (cm), BŞU: Başak uzunluğu (cm), ÜBU: Üst boğum uzunluğu, MKB: Metrekarede başak sayısı, BBS: Başakta başakçık sayısı, BTS: Başakta tane sayısı, BYA: Bayrak yaprak alanı (cm²), BTA: Bin tane ağırlığı (g), HLA: Hektolitre ağırlığı (kg), PRT: Protein (%), TSR (NIR): Tane sertliği, SED: Sedimentasyon (Zel) (ml), GLT: Gluten oranı (%), IND: Gluten indeksi (%).

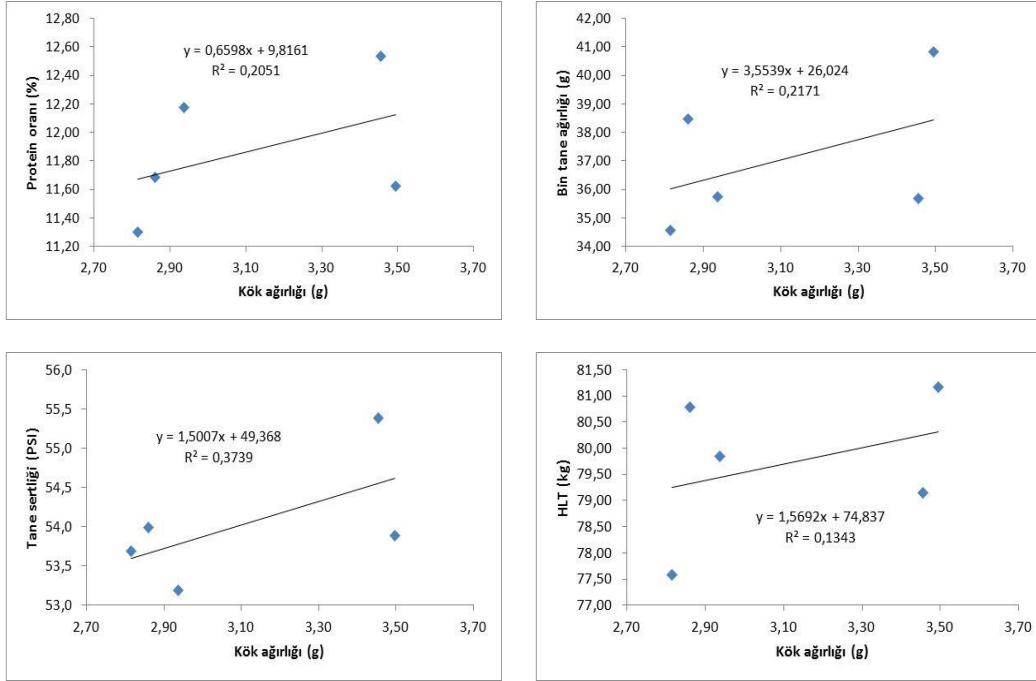
Aynı zamanda bu araştırmada genotiplerdeki kök ağırlığının agonomik ve kalite karakterleri ile ilişkisi incelenmiştir. Kuraklık uygulanan ana parsellere göre yapılan değerlendirmede kök ağırlığı ile bin tane ağırlığı ($R^2=0.217$), hektolitre ağırlığı ($R^2=0.134$), protein oranı ($R^2=0.205$) ve tane sertliği ($R^2=0.373$) arasında olumlu ilişki belirlenmiştir. Bulunan bu sonuç, kök miktarı daha çok olan genotiplerin topraktan daha çok yararlandığı şeklinde açıklanabilir (Şekil 1). Kuraklık uygulanan ana parsellerde kök ağırlığı ile verim ve verim öğeleri yönünden ikili ilişkiler yapılmış olup incelenen bütün karakterlerde kök ağırlığının verim ve biyolojik verim ile diğer verim unsurlarına önemli derecede katkı yaptığı görülmüştür. Kök ağırlığı ile tane verimi ($R^2=0.532$) ve biyolojik verim ($R^2=0.695$) arasında yüksek oranda olumlu ilişki olması farklı çevre koşullarında kök miktarının

verim açısından önemini ortaya koymuştur. Ekmeklik buğdayda tane verimi ile önemli ölçüde ilişkili olan metrekarede başak sayısı ile kök miktarı arasında ($R^2=0.696$) yüksek oranda ilişki belirlenmesi kök yapısının gelişmesine bağlı olarak genotiplerde kardeşlenme ve başak teşekkülünde artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 2).

Genotiplerde başakta başakçık sayısı ile başakta tane sayısının çok olması verime önemli katkı yapan verim unsurlarıdır. Bitkilerde kök miktarı ile başakta başakçık sayısı ($R^2=0.694$) ve başakta tane sayısı arasında ($R^2=0.729$) belirlenen yüksek oranda ilişki bu sonucu doğrulamaktadır. Bu sonuç bitki köklerinin çeşitlerde bu verim unsurlarına çok önemli katkı yaptığını göstermiştir. Bitkide kök ağırlığının bitki boyu ($R^2=0.849$), üst boğum uzunluğu ($R^2=0.626$) ve bayrak yaprak alanı

($R^2=0.973$) ile de olumlu ilişki içerisinde olması morfolojik unsurların da artışına katkı yaptığını göstermiştir. Özellikle bayrak yaprak alanının tane verimi ile ilişkisi dikkate alındığında kök aksamının

bitkinin toprak üstü aksamının tamamı ile yüksek oranda ilişkili olması kök miktarının ve gelişiminin önemini ortaya koymuştur (Şekil 2).

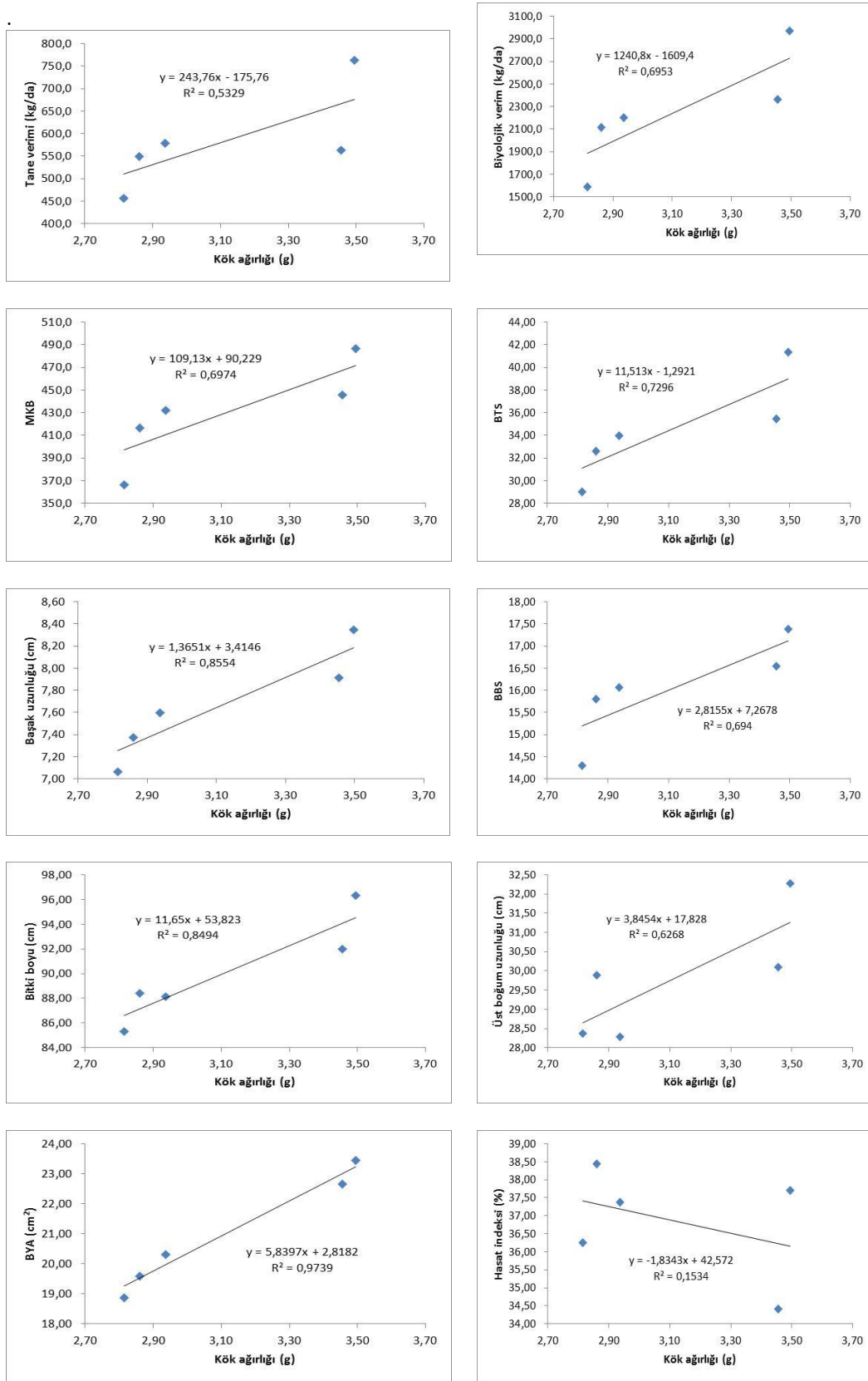


Şekil 1. Farklı kuraklık uygulamasında kök ağırlığı ile bazı kalite karakterleri arasında ilişkiler

Figure 1. Relation among root weight and some quality characters at various drought stress

Bitki kök aksamı genotiplerde kurağa dayanıklılıkta çok önemli bir karakter olmasından dolayı birçok araştırmacı tarafından incelenen bir karakter olmuştur. Araştırmada elde edilen sonucun; uzun boylu çeşitler kısa boylulara göre daha çok kök ağırlığına sahip olup tarla denemelerinde sulama koşullarında tane verimi ile kök biyolojik aksamı arasında pozitif ilişki bulunduğunu (Waines ve Ehdai, 2007), su stresi kök özelliklerini önemli düzeyde etkilemekte olup su stresinin şiddetine bağlı olarak bazı kök özelliklerini düşürmekte (Adda ve ark. 2005) olduğunu belirten araştırmacıların bulgularını doğruladığı görülmüştür. Kurak koşullar genellikle bitki kök gelişimine engel olmakta ve dolayısı ile nemli toprak koşullarında kök uzunluğunda artış olurken kurak koşullarda azalmalar olduğu, kök derinliği, kök yayılımı ve yoğunluğunda genotipler arasında önemli farklılıklar olduğunu (Kinyua ve ark. 2003) açıklayan araştırmacıların sonucu bu çalışmada da görülmüştür. Araştırmada genotiplerde kök ağırlığının artışı tane ve biyolojik verimin artmasına önemli katkı yaptığı belirlenmiştir. Kök ağırlığının

artışı genotiplerde verim unsurlarına da (metrekarede başak, başakta başakçık, başakta tane sayısı) olumlu katkı yaptığı gibi bin tane ağırlığında yükselme olduğu belirlenmiştir. Bitkide kök yapısı ve kökün gelişimi ekmeklik buğday genotiplerinde kurağa dayanıklılığı belirleyen önemli karakterdir. Kurağa dayanıklılıkta bitkilerin kök yapısı önemli unsur olup farklı düzeyde kuraklık uygulamalarında genotipik etkiye de bağlı olarak farklı gelişme gösterdiği araştırma sonucunda görülmüştür. Araştırmada kök miktarı ve kök uzunluğu genotip ve çevre koşullarına göre değişmiş; bunun sonucu olarak incelenen genotiplerden en fazla kök ağırlığı Bereket çeşidinde belirlenirken, en düşük ağırlık Tekirdağ çeşidinde saptanmıştır. Ayrıca en yüksek kök miktarının tüm uygulamalarda Bereket çeşidinde belirlenmesi kök ağırlığının genotipe göre de değişebileceğini göstermiştir. Araştırmada, en az kök ağırlığı tam kuraklık uygulamasında (sapa kalkma döneminden fizyolojik olum dönemi arası) ölçülmesi bitkide kök gelişimi için sapa kalkma döneminin önemini ortaya koymuştur.



Şekil 2. Farklı kuraklık uygulamasında kök ağırlığı ile bazı agonomik karakterler arasındaki ilişkiler

Figure 2. Relation among root weight and some agronomic characters under various drought treatment

Sonuç

Genotiplerde ortalama değerlere göre kuraklık stresi bitkilerde kök ağırlığını %19.48 oranında azaltmıştır. Sulama destekli kuraklık stresi uygulanmayan nemli toprak koşulları bitkilerde kök miktarını da artırmış ve en yüksek kök ağırlığına kuraklık stresi uygulanmayan parselde ulaşılmıştır. Araştırmada özellikle kuraklık stresi altında genotiplerde kök ağırlığının artışı tane ve biyolojik verimin artmasına önemli katkı yaptığı belirlenmiştir. Kök ağırlığının artışı araştırmada incelenen genotiplerde bitki boyu, üst boğum uzunluğu ve kuru madde oranında artış sağladığı tespit edilmiştir. Kök miktarı artışı verim unsurlarına da olumlu yönde katkı yaptığı ve özellikle metrekarede başak ve başakta tane sayısını artırdığı saptanmıştır. Bitkilerde kök miktarı artışının erken dönem kuraklıkta protein oranı, tane sertliği ve gluten oranını da olumlu yönde etkileyerek bu karakterlerde artış olduğu tespit edilen önemli bir sonuç olmuştur.

Kaynaklar

- Akçura, M., Y. Kaya and S. Taner, 2009. Evaluation of Durum Wheat Genotypes Using Parametric and Nonparametric Stability Statistics. *Turkish Journal of Field Crops* 14(2): 111-122.
- Anonymous, 1987. Cereal Improvement Program. Annual Report. Drought Tolerance p: 49-50. ICARDA, Aleppo, Syria.
- Anonymous, 2002. International Association for Cereal Science and Technology ICC Standart No: 110, 105, 106, 155, 116, 115.
- Atlı, A. 1987. Kışlık tahıl üretim bölgemizde yetiştirilen bazı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kaliteleri ile kalite karakterlerinin stabiliteyi üzerine araştırmalar. Türkiye Tahıl Sempozyumu, 6-9 Ekim, S: 443-454, Bursa.
- Adda, A., M. Sahnoune, M. Kaid-Harch and O. Othmane Merah, 2005. Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Plant Biology and Pathology*. C. R. Biologies 328 (2005). France.
- Barnabas, B., K. Jager and A. Feher, 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell and Environment*, 31: 11-38.
- Barley, K.P. 1970. The configuration on of the root system in relation to nutrient uptake. *Advances in Agronomy* 22:159-201.
- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regul*, 20. 135-148.
- Dencic, S., R. Kastori, B. Kobiljski and B. Duggan, 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., G.S. Sethi and R.K. Behl, 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *Journal of Agronomy Crop Sci.*, 190 (1): 6-12.
- Elgün, A. ve Z. Ertugay, 1992. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniv. Yayınları, Yayın No: 718, S: 376, Erzurum.
- Evans, L.T., I.F. Wardlaw and R.A. Fischer, 1975. Wheat. In L.T. Evans (Ed.), *Crop Physiology* (pp. 101-149). Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Fitter, A.H., T.R. Stickland., M.L. Harvey and G.W. Wilson, 1991. Architectural analysis of plant root systems. 1. Architectural correlates of exploitation efficiency. *New Phytologist*, 118: 375-382.
- Gomez K.A and A.A. Gomez, 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2nd Ed. John Willey and Sons, Inc. New York. p. 641
- Hoad, S. P, G. Russel, P. S. Kettlewell and M. Belshaw, 2004. Root system management in winter wheat: practices to increase water and nitrogen use. HGCA Project Report No. 351.
- Johansson E, M.L. Prieto-Linde and G. Svensson, 2004. Influence of nitrogen application rate and timing on gain protein composition and gluten strength in Swedish wheat. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167: 345-350.
- Kinyua, M.G, E.M. Njoka, R.M. Gesimba, R.J. Birech, 2003. Selection of drought tolerant bread wheat genotypes by using root characteristics at seedling stage. *IJAR*. 4: 9-15
- Kirkegaard, J.A, J.M. Lilley, G.N. Howe and J.M. Gaham, 2007. Impact of subsoil water use on wheat yield. *Australian Journal of Agricultural Research* 58: 303-315.
- Köksel, H., D. Sivri, Ö. Özboy, A. Başman ve H. Karaca, 2000. *Hububat Laboratuvarı El Kitabı*. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları Yayın No: 47, S: 106, Ankara.
- Öztürk, İ., T. Kahraman, R. Avcı, V.Ç. Girgin, O.O. Aşkın, B. Aşkın, B. Tuna and A. Tülek, 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" 6-9 October 2016, Book of Proceeding, P: 1392-1400. Jahorina, Bosnia and Herzegovina.
- Passioura, J.B. 1983. Root and drought resistance. *Agricultural Water Management*. 7: 265-280.
- Perten, H. 1990. Rapid measurement of wheat gluten quality by the gluten index. *Cereal Foods World*, 35: 401-402.
- Rakszegi, M., L. Lang and Z. Bedi, 2006. Importance of starch properties in quality oriented wheat breeding. *Cereal Research Communications*, 34: 637-640.
- Russel, R.S. 1977. *Plant Root System. Their Function and Interaction with the Soil*, Mc Gaw- Hill Book Company, UK. pp: 298.
- 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 pp. 207-226.
- Veisz, O., Sz. Bencze, K. Balla and Gy. Vida, 2008. Change in water stress resistance of cereals due to atmospheric CO₂ enrichment. *Cereal Research Communications*, 36: 1095-1098.

Wardlaw, I.F. and L. Moncur, 1995. The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22: 391-397.

Yurtsever, N. 1984. Deneysel ve İstatistik Metotlar. Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı. Köyhizmetleri Genel

Müd. Yayın. Genel Yayın No: 121. Teknik Yayın No: 56, Ankara.

Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak, 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.