

H₂O₂'nin Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinde Bazı Fide Dönemi Özelliklerine Etkisi

Alpay BALKAN¹ , Sefer DEMİRBAŞ² , Şahsine GÖK² 

¹Namık Kemal Üniv. Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Böl. ²Namık Kemal Üniv. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Böl. Tekirdağ
✉: abalkan@nku.edu.tr

ÖZET

Bu araştırmada, dışarıdan hidrojen peroksit (H₂O₂) uygulanarak oluşturulmuş oksidatif stresin ekmeklik buğdayda fide gelişme dönemlerindeki bazı morfo-fizyolojik özelliklere etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, 5 ekmeklik buğday çeşidi (Flamura-85, Selimiye, Esperia, Tosunbey ve Sultan-95) ve 3 ileri ekmeklik buğday hattı (TDE-45-1, TDE-84-5, TDE-111-9) materyal olarak kullanılmıştır. Deneme, genotipler ana parselleri, farklı yoğunluktaki (0, 50, 100 mM) H₂O₂ solüsyonları alt parselleri oluşturacak şekilde tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kontrollü bitki yetiştirme odasında saksılarda yürütülmüştür. H₂O₂ uygulama gününü izleyen üçüncü günde bitkilerde kök uzunluğu (cm), sap uzunluğu (cm), klorofil içeriği (SPAD), yaprak su kayıp oranı (%), stoma sayısı (adet), stoma eni ve boyu (μ) incelenmiştir. H₂O₂ uygulamasıyla oluşturulan oksidatif stres ile kök uzunluğu % 8.60-17.18 oranında, sap uzunluğu % 5.85-11.36 oranında, klorofil içeriği % 6.50-14.98 oranında, stoma eni % 12.00-13.77 oranında ve stoma boyu % 9.78-20.66 oranında önemli bir şekilde azalmıştır. Bununla birlikte, stoma sayısı ve yaprak su kayıp oranı ise sırasıyla % 16.83-21.60 ve % 27.95-46.50 oranında artmıştır. İncelenen özellikler bakımından, Flamura-85 ekmeklik buğday çeşidi ile TDE-45-1 ve TDE-111-9 ileri ekmeklik buğday hatlarının diğer genotiplere göre oksidatif strese yanıtlarının daha iyi olduğu belirlenmiştir.

DOI:10.18016/ksutarimdog.vi.452843

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 02.04.2018
Kabul Tarihi : 05.07.2018

Anahtar Kelimeler

Triticum aestivum,
H₂O₂,
klorofil,
yaprak su kayıp oranı,
stoma.

Araştırma Makalesi

Effect of H₂O₂ on Some Seedling Stage Characteristics in Some Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the effect of oxidative stress derived from exogenous application of hydrogen peroxide (H₂O₂) onto some morpho-physiological characteristics of some bread wheat entries at seedling stages. In the research, 5 bread wheat cultivars (Flamura-85, Selimiye, Esperia, Tosunbey and Sultan-95) and 3 advanced bread wheat lines (TDE-45-1, TDE-84-5, TDE-111-9) were used as plant material. The experiment was carried out in randomized complete split plot design with 3 replicates in pots in controlled conditions where bread wheat genotypes were placed into main and H₂O₂ ratios (i.e.0, 50 and 100 μM) as sub plots respectively. Root and shoot length (cm), chlorophyll content (SPAD), the rate of leaf water loss (%), number of stomata (number), stomata width and length (μ) of the plants were recorded on 3rd day after H₂O₂ application. Root length, shoot length, chlorophyll content, stomata width and stomata length decreased 8.60-17.18 %, 5.85-11.36 %, 6.50-14.98 %, 12.00-13.77 % and 9.78-20.66 %, respectively, with oxidative stress created by H₂O₂ application. However, number of stomata and the rate of leaf water loss were increased 16.83-21.60% and 27.95-46.50%, respectively. It was concluded that the responses of Flamura-85, TDE-45-1 and TDE-111-9 were better responding entries to H₂O₂ based

Article History

Received : 02.04.2018
Accepted : 05.07.2018

Keywords

Triticum aestivum,
H₂O₂,
chlorophyll,
the rate of leaf water loss,
stomata.

Research Article

oxidative stress than the other genotypes for all traits used in the study.

To cite: Balkan A, Demirbaş S, Gök Ş 2018. H₂O₂'nin Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinde Bazı Fide Dönemi Özelliklerine Etkisi. KSÜ Tar Doğa Derg 21(6) : 837-845, DOI : 10.18016/ksutarimdog.vi.452843

GİRİŞ

İlk kültüre alınan bitkilerden biri olan buğday (*Triticum* spp.), 8000 yıldır Avrupa, Batı Asya ve Kuzey Afrika'da yaşayan insanların temel gıda maddesi durumundadır (Monneveux ve ark., 2012). Dünyada kültürü yapılan tahıl cinsleri arasında 220 milyon hektarlık ekiliş ile ilk sırada, yaklaşık 750 milyon tonluk üretimle mısırdan sonra (1 milyar ton) ikinci sırada yer alan stratejik öneme sahip bir kültür bitkisidir (Anonim, 2016). Dünyada üretilen buğdayın yaklaşık üçte ikisi insan gıdası olarak, altıda biri ise hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Monneveux ve ark., 2012).

Geniş adaptasyon yeteneği ile yeryüzünde 20-65° kuzey ve 22-45° güney enlemleri arasında kalan farklı ekolojilerde yetiştirilebilen buğday (Kün, 1996), aynı zamanda ülkemiz insanının da temel gıda maddesidir. Ülkemizde yaklaşık 7.6 milyon hektarlık alanda 20.6 milyon ton civarında buğday üretilmekte, 270 kg/da ortalama verim alınmaktadır (Anonim, 2016).

Özellikle son yıllarda etkisini giderek hissettiren küresel ısınmayla ortaya çıkan iklim değişiklikleri buğdayda birim alan veriminde ve ürün kalitesinde önemli düşümlere neden olan abiyotik ve biyotik stres faktörlerinin (Caverzan ve ark., 2016) etkisinin artmasına neden olmaktadır. Bitkilerde önemli verim ve kalite kayıplarına neden olan kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklık, tuzluluk, ağır metaller, UV ışık, yüksek ışık, besin maddesi eksiklikleri, hipoksi gibi abiyotik stres faktörleri ve patojen enfeksiyonu gibi biyotik stres faktörleri oksidatif strese neden olan reaktif oksijen türleri (ROT)'nin temel kaynaklarını oluşturmaktadır (Lamb ve Dixon, 1997; Gechev ve ark., 2003).

Bitkilerde oksidatif strese neden olan ROT, fotosentez sırasında oksijenin suya indirgenmesi, mitokondride suyun yükseltilmesi ve kloroplastlarda elektron aktarımı anında oluşmaktadır (Kacar ve ark., 2002). ROT protein, DNA, lipit ve karbonhidratlar gibi birçok biyolojik molekülün kararlı yapısını bozmaktadır. Oksijen indirgenmesinin ilk aşamasında oluşan hidroperoksil (HO₂) ve süperoksit radikali (O₂), hücrede lipit peroksidasyonuna neden olmaktadır. Üretildiği bölgeden daha uzak mesafelere difüze olabilen uzun ömürlü hidrojen peroksit (H₂O₂), aminoasitlerin sülfidril (SH) gruplarının oksidasyonu aracılığıyla biyolojik toksisiteye yol açmaktadır (Dat ve ark., 2000). Son yıllarda yapılan araştırmalar, bitkilerde dışarıdan uygulanan H₂O₂'in oksidatif strese neden olarak bitkilerin kök ve sap uzunluğunda, kök ve sap yaş ağırlığında, yaprak uzunluğunda ve yaş

ağırlığında, koleoptil uzunluğu ve yaş ağırlığında düşüme neden olduğunu ortaya koymuştur (Lin ve Kao, 2001; Hameed ve ark., 2003; Hameed ve ark., 2004; Kumar ve ark., 2012; Lu ve ark., 2013).

Ülkemizin kuzeybatı bölümünde yer alan Trakya Bölgesi, ülkemiz buğday ekilişinin yaklaşık % 5-7'sinin, üretiminin ise % 11-13'ünün karşılayan (Öztürk ve Avcı, 2014) önemli bir buğday üretim bölgesidir. Bölgenin doğal yağışlar altındaki ortalama buğday verimi yıllara göre değişmekle birlikte ülkemiz ortalama buğday veriminden % 70-80 daha fazladır. Ancak bazı yıllarda, yağışların yetiştirme mevsimine düzensiz dağılışı, kuraklık, yüksek ve düşük sıcaklıklar gibi abiyotik stres faktörleri ile hastalık ve zararlılar gibi biyotik stres faktörleri oksidatif strese neden olarak Trakya Bölgesi'nin ortalama buğday veriminde ve ürün kalitesinde önemli düşümlüklere neden olmaktadır. Buradan hareketle, oksidatif stresin buğdayın morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine etkilerinin bilinmesi bölgede stres faktörlerine dayanıklı/toleranslı buğday ıslahı çalışmalarında başarı şansını artıracaktır.

Bu çalışmada, Trakya Bölgesi'nde yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerine dışarıdan H₂O₂ uygulayarak oluşturulan oksidatif stresin fide gelişme dönemlerindeki bazı morfo-fizyolojik özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışmada, Trakya Bölgesi'nde yaygın olarak yetiştirilen 3 ekmeklik buğday çeşidi (Flamura-85, Selimiye, Esperia) ve Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından geliştirilmiş 3 ümitvar ileri ekmeklik buğday hattı (TDE-45-1 [Victoria x Bezostaja-I], TDE-84-5 [Selianka x Syrena], TDE-111-9 [Sagittario x Sadova-I]) ile kontrol olarak değerlendirilecek 2 ekmeklik buğday çeşidi (Tosunbey-kuraklığa dayanıklı ve Sultan-95-kuraklığa hassas) materyal olarak kullanılmıştır.

Metot

Deneme, perlit içeren saksılarda (13x13 cm), buğday genotipleri ana parselleri, farklı yoğunluktaki (0-kontrol (saf su), 50, 100 mM) H₂O₂ (Merck, Germany) solüsyonları alt parselleri oluşturacak şekilde tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Her saksıya 20 tohum olacak şekilde ekim yapılmıştır. Saksılar daha sonra 250 µmol m⁻²s⁻¹ ışık altında 16/8 saat

(aydınlık/karanlık) fotoperiyot, 25±2°C/15±2°C (gündüz/gece) sıcaklık ve 60±5% nem içeren kontrollü bitki yetiştirme odasına alınmıştır. Saksılar, tohumlar çimlenip fideler 2-3 yapraklı döneme (Zadoks 12.-13. dönem) (Zadoks ve ark., 1974) gelene kadar %50 Hoagland (Steward, 1963) besin çözeltisiyle sulanmıştır. İki-üç yapraklı döneme gelen fidelerde oksidatif stres yaratmak için Hoagland çözeltisine farklı yoğunluktaki (0-kontrol (%50 Hoagland çözeltisi), 50, 100 mM) H₂O₂ solüsyonları ilave edilerek sulama yapılmıştır. H₂O₂ uygulamasını izleyen 3. günde saksılardan tesadüfi olarak alınan 5 bitki örneğinde kök uzunluğu, sap uzunluğu, klorofil içeriği, yaprak su kayıp oranı, stoma sayısı, stoma eni ve boyu incelenmiştir.

Kök uzunluğu; bitkilerin kök tacı ile köklerinin en uç noktası arasındaki mesafe ölçülerek (cm) olarak belirlenmiştir.

Sap uzunluğu; bitkilerin kök tacı ile yapraklarının en uç noktası arasındaki mesafe ölçülerek (cm) olarak belirlenmiştir.

Klorofil içeriği; bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklarında "Konica Minolta SPAD-502" portatif klorofilmetre ile ölçülmüştür.

Yaprak su kayıp oranı (YSKO); bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklar alınmış, tartılarak yaş ağırlıkları (YA) (mg) belirlenmiştir. Yapraklar daha sonra 30 °C'lik etüvde 2 saat kurutulmuş ve tekrar tartılarak kuru ağırlıkları (KA) (mg) belirlenmiştir. YSKO, Eşitlik 1' de verildiği şekilde (%) hesaplanmıştır (Clarke ve McCaig, 1982).

$$YSKO (\%) = [(YA - KA) \times 100] / YA \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Stoma sayısı, eni ve boyu; bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklarından Xu ve Zhou (2008)'in belirttiği yöntemle göre çıkartılan stomalar 4x100 büyütme mikroskop alanında sayılmış, en ve boyları oküler mikrometre ile ölçülerek (µ) olarak belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen verilerde tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine

göre varyans analizi yapılmıştır. İncelenen özelliklerin ortalama değerleri arasındaki farkların istatistiki anlamda önemlilikleri, MSTAT-C paket programı kullanılarak LSD (Least Significant Difference-En Küçük Önemli Fark) testi ile belirlenmiştir (Steel ve Torrie, 1984; Düzgüneş ve ark., 1987).

BULGULAR

Araştırmada, dışarıdan H₂O₂ uygulamasından 3 gün sonra ekmeleklik buğday genotiplerinin bazı morfo-fizyolojik özelliklerine ait bulgular aşağıda verilmiştir.

Kök uzunluğu

Yapılan varyans analizi sonucunda, kök uzunluğu yönünden; genotip, H₂O₂ uygulaması ve genotip x H₂O₂ uygulaması interaksyonunu istatistiki anlamda 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Ekmeleklik buğday genotiplerinin ortalama kök uzunlukları 23.90-27.98 cm arasında değişmiştir. En uzun kökler TDE-45-1 ileri hattında ölçülmüş, bunu Tosunbey çeşidi (27.71 cm) ile TDE-111-9 (27.52 cm) ileri hattı izlemiştir. En kısa kök uzunluğuna sahip olan TDE-84-5 ileri hattı oksidatif stresten en fazla etkilenen genotip olmuş ve bunu 25.81 cm ile Selimiye çeşidi izlemiştir (Çizelge 1). H₂O₂ yoğunluğundaki artışın kök uzunluğunu önemli bir şekilde baskıladığı görülmektedir (Çizelge 1). Kontrol uygulamasında (0 mM H₂O₂) 29.17 cm ölçülen kök uzunluğu, 50 mM H₂O₂ uygulamasında 26.66 cm ve 100 mM H₂O₂ uygulamasında ise 24.16 cm olarak ölçülmüştür. Araştırmada, genotip x H₂O₂ uygulaması interaksyonunu incelendiğinde, kök uzunluğunun 21.97-33.27 cm arasında değiştiği anlaşılmaktadır (Çizelge 1).

En yüksek kök uzunluğu değeri Tosunbey çeşidinin kontrol uygulamasında belirlenmiş, bunu 29.97 cm ile Esperia çeşidinin kontrol uygulaması ve 29.60 cm ile TDE-111-9 ileri hattının kontrol uygulaması izlemiştir.

Çizelge1. Kök ve sap uzunluğuna ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.

Genotipler	Kök uzunluğu (cm)			Ortalama	Sap uzunluğu (cm)			Ortalama
	H ₂ O ₂ uygulaması				H ₂ O ₂ uygulaması			
	0 mM	50 mM	100 mM		0 mM	50 mM	100 mM	
Flamura-85	28.80 bc	27.27 c-f	24.00 gh	26.69 ab	26.47	25.07	23.43	24.99 e
Esperia	29.97 b	26.70 def	24.00 gh	26.89 ab	26.53	26.43	23.90	25.62 de
Selimiye	28.17 bcd	26.93 c-f	22.33 hi	25.81 b	30.57	28.63	26.57	28.59 ab
TDE-84-5	26.10 ef	23.63 hi	21.97 i	23.90 b	27.87	25.80	23.23	25.63 de
TDE-45-1	29.40 b	28.80 bc	25.73 fg	27.98 a	27.93	26.13	25.90	26.66 cd
TDE-111-9	29.60 b	27.27 c-f	25.70 fg	27.52 ab	32.73	30.37	28.93	30.68 a
Tosunbey	33.27 a	26.17 ef	23.70 hi	27.71 a	26.10	25.37	23.70	25.06 e
Sultan-95	28.07 b-e	26.53 def	25.83 fg	26.81 ab	30.07	27.10	26.63	27.93 b
Ortalama	29.17 a	26.66 b	24.16 c		28.53 a	26.86 b	25.29 c	
LSD (P<0.05)	Genotip: 1.855** H₂O₂: 0.703** Genotip x H₂O₂: 1.988**				Genotip: 1.571** H₂O₂: 0.609** Genotip x H₂O₂: -			

** : 0.01 düzeyinde önemli

Artan H₂O₂ yoğunluğu tüm genotiplerin kök uzunluklarında önemli azalmalara neden olmuştur. En kısa kök uzunluğu TDE-84-5 ileri hattının 100 mM H₂O₂ uygulamasında ölçülmüştür. Bunu 22.33 cm ile Selimiye çeşidinin 100 mM H₂O₂ uygulaması izlemiştir.

Sap uzunluğu

Varyans analizi sonuçlarına göre sap uzunluğu yönünden; genotip ve H₂O₂ uygulaması istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli, genotip x H₂O₂ uygulaması etkisi ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). Genotiplerin ortalama sap uzunlukları 24.99-30.68 cm arasında bir varyasyon göstermiştir (Çizelge 1). Kök uzunluğu bakımından da ilk sıralarda yer alan TDE-111-9 ileri hattı en yüksek ortalama sap uzunluğuna sahip olmuş, bunu 28.59 cm ile Selimiye çeşidi izlemiştir. En kısa sap uzunluğu ise Flamura-85 çeşidinde ölçülmüş, bunu 25.06 cm ile Tosunbey çeşidi izlemiştir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi H₂O₂ yoğunluğu arttıkça sap uzunluğu önemli bir şekilde azalmıştır. Kontrol uygulamasında (0 mM H₂O₂) 28.53 cm olarak ölçülen ortalama sap uzunluğu, 50 mM H₂O₂ uygulamasında 26.86 cm, 100 mM H₂O₂ uygulamasında ise 25.29 cm' e düşmüştür.

Klorofil içeriği

Klorofil içeriği üzerine genotip ve H₂O₂ uygulamasının etkisi istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli, genotip x H₂O₂ uygulaması etkisi ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Genotip ortalamaları incelendiğinde, klorofil içeriğinin 29.26-41.92 SPAD arasında bir varyasyona sahip olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 2). TDE-84-5 ileri hattı en yüksek klorofil içeriğine sahip olmuş, bunu sırasıyla Flamura-85 ve Esperia çeşitleri ile TDE-45-1 ileri hattı izlemiştir. En düşük klorofil içeriği ise strese hassas Sultan-95 çeşidinde ölçülmüştür. H₂O₂ uygulamasının klorofil içeriğini önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında (0 mM H₂O₂) 37.85 SPAD olarak ölçülen klorofil içeriği, 50 mM H₂O₂ uygulamasında 35.39 ve 100 mM H₂O₂ uygulamasında 32.18 olarak ölçülmüştür.

Yaprak su kayıp oranı

Yaprak su kayıp oranı yönünden genotip, H₂O₂ uygulaması ve genotip x H₂O₂ uygulaması etkisi istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Genotiplerin ortalama yaprak su kayıp oranları % 16.80-26.49 arasında değişmiştir. En yüksek yaprak su kayıp oranı Esperia çeşidinde belirlenmiş, bunu TDE-84-5 ileri hattı (% 21.28) ile Sultan-95 çeşidi (% 20.81) izlemiştir.

Selimiye çeşidi en düşük yaprak su kayıp oranına sahip olmuştur. Tosunbey çeşidi % 18.11 ile en düşük yaprak su kayıp oranına sahip ikinci genotip olmuştur. H₂O₂ uygulamalarında ölçülen ortalama yaprak su kayıp oranları incelendiğinde, kontrol bitkilerinde % 16.17 olarak belirlenen yaprak su kayıp oranı 50 mM H₂O₂ uygulamasında % 23.69, 100 mM H₂O₂ uygulamasında ise % 20.69 olarak belirlenmiştir. Genotip x H₂O₂ uygulaması etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Genotiplerin H₂O₂ uygulamasına oldukça farklı reaksiyon gösterdiği ve yaprak su kayıp oranının % 11.76-32.89 arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 2). Esperia çeşidinin 50 mM H₂O₂ uygulaması en yüksek yaprak su kayıp oranına sahip olmuş, bunu % 30.61 ile aynı istatistiki grupta yer alan aynı çeşidin 100 mM H₂O₂ uygulaması izlemiştir (Çizelge 2). En düşük yaprak su kayıp oranı değeri Tosunbey çeşidinin kontrol uygulamasından elde edilmiş, bunu % 11.82 ile aynı istatistiki grupta yer alan Selimiye çeşidinin kontrol uygulaması izlemiştir. Kontrol uygulamasına göre Flamura-85, Esperia ve Tosunbey çeşitleri ile TDE-84-5 ileri hattının yaprak su kayıp oranlarının 50 mM H₂O₂ uygulamasında hızla arttığı, 100 mM H₂O₂ uygulamasında ise tekrar azaldığı dikkat çeken bir sonuç olmuştur (Çizelge 2).

Stoma sayısı

Araştırmamızda, genotip, H₂O₂ uygulaması ve genotip x H₂O₂ uygulaması etkisi istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Genotiplerin ortalama stoma sayısı 7.11-8.89 arasında değişmiştir. Flamura-85 ve Selimiye çeşitleri en fazla stomaya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çeşitleri 8.44 stoma sayısı ile Sultan-95 çeşidi izlemiştir. En az ortalama stoma sayısı ise Tosunbey çeşidinde belirlenmiş, bunu 7.33 ile TDE-45-1 ileri hattı izlemiştir (Çizelge 3). H₂O₂ uygulamasının stoma sayısı üzerine etkisi incelendiğinde, 0 mM H₂O₂ uygulamasında (kontrol grubu) 7.13 olarak belirlenen ortalama stoma sayısının, 50 ve 100 mM H₂O₂ uygulamalarında sırasıyla 8.67 ve 8.33 olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Genotip x H₂O₂ uygulaması etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Sultan-95 çeşidinin 100 mM H₂O₂ uygulaması en yüksek stoma sayısına sahip olmuş, bunu 10.33 ile Flamura-85 ve 10.00 ile Selimiye çeşitlerinin 100 mM H₂O₂ uygulaması izlemiştir. En düşük stoma sayısı ise Esperia çeşidinin kontrol grubunda belirlenmiştir. Bunu, 6.67 ile Flamura-85 çeşidinin kontrol grubu, TDE-45-1 ileri hattı ve Tosunbey çeşidinin 100 mM H₂O₂ uygulaması izlemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2. Klorofil içeriği ve yaprak su kayıp oranına ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.

Genotipler	Klorofil içeriği (SPAD)				Yaprak su kayıp oranı (%)			
	H ₂ O ₂ uygulaması			Ortalama	H ₂ O ₂ uygulaması			Ortalama
	0 mM	50 mM	100 mM		0 mM	50 mM	100 mM	
Flamura-85	40.20	38.20	32.93	37.11 b	16.41 h ₁	25.61 b	14.10 ijk	18.70 cd
Esperia	39.70	36.87	33.37	36.64 bc	15.97 hij	32.89 a	30.61 a	26.49 a
Selimiye	38.23	34.90	33.50	35.54 c	11.82 k	19.19 efg	19.39 d-g	16.80 e
TDE-84-5	44.70	43.23	37.83	41.92 a	19.81 c-g	26.54 b	17.50 gh	21.28 b
TDE-45-1	38.40	36.57	34.40	36.46 bc	13.68 jk	21.60 cde	21.03 cde	18.77 cd
TDE-111-9	34.50	31.60	30.20	32.10 d	18.14 fgh	21.36 cde	21.99 cd	20.50 bc
Tosunbey	36.47	32.20	27.57	32.08 d	11.76 k	22.13 c	20.46 c-f	18.11 de
Sultan-95	30.60	29.57	27.60	29.26 e	21.82 cde	20.20 c-f	20.40 c-f	20.81 b
<i>Ortalama</i>	<i>37.85 a</i>	<i>35.39 b</i>	<i>32.18 c</i>		<i>16.17 b</i>	<i>23.69 a</i>	<i>20.69 a</i>	
<i>LSD (P<0.05)</i>	<i>Genotip: 1.340** H₂O₂: 1.034** Genotip x H₂O₂: -</i>				<i>Genotip: 1.823** H₂O₂: 0.934** Genotip x H₂O₂: 2.641**</i>			

** : 0.01 düzeyinde önemli

Stoma eni

Stoma eni yönünden genotip, H₂O₂ uygulaması ve genotip x H₂O₂ uygulaması interaksyonunun istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Genotiplerin ortalama stoma eni 14.72-17.21 µ arasında değişmiştir. Selimiye çeşidi en geniş stomalara sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çeşidi, 16.80, 16.59 ve 16.18 µ ile sırasıyla TDE-84-5 ve TDE-45-1 ileri hatlarıyla Tosunbey çeşidi izlemiştir. En dar stomalar ise Flamura-85 çeşidinde ölçülmüş, bunu 14.73 µ ile aynı istatistiki grupta yer alan TDE-111-9 ileri hattı izlemiştir (Çizelge 3). H₂O₂ uygulamaları incelendiğinde, artan H₂O₂ yoğunluğunun stoma eninde azalmaya neden olduğu görülmektedir. Kontrol grubunda 17.50 µ ölçülen ortalama stoma eni, 50 mM H₂O₂ uygulamasında 15.40 µ, 100 mM H₂O₂ uygulamasında ise 15.09 µ olarak ölçülmüştür (Çizelge 3). Genotip x H₂O₂ uygulaması incelendiğinde, genotiplerin H₂O₂ uygulamasına farklı tepkiler verdikleri ve ortalama stoma eninin 12.45-21.78 µ arasında bir varyasyona sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 3). En geniş stomalar TDE-45-1 ileri hattının kontrol grubunda belirlenmiştir. Bunu, 19.91 µ ile Selimiye çeşidinin 100 mM H₂O₂ uygulaması izlemiştir. En dar stomalar ise TDE-111-9 genotipinin 100 mM H₂O₂ uygulamasında ölçülmüştür.

Stoma boyu

Stoma boyu yönünden genotip, H₂O₂ uygulaması ve genotip x H₂O₂ uygulaması interaksyonunu istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Genotip ortalamaları incelendiğinde, stoma boyunun 40.65-48.54 µ arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 3). En yüksek stoma boyu değeri TDE45-1 ileri hattında ölçülmüştür. Bu hattı, 46.87 µ ile Esperia ve 46.67 µ ile Tosunbey çeşitleri izlemiştir. En düşük stoma boyu değeri ise Sultan-95 çeşidinde belirlenmiş, bunu aynı istatistiki grupta yer alan Selimiye çeşidi

(41.48 µ) izlemiştir. Çalışmamızda, H₂O₂ yoğunluğundaki artışın stoma boyunu önemli bir şekilde azalttığı tespit edilmiştir. Kontrol grubu bitkilerinde 50.09 µ olarak ölçülen ortalama stoma boyu, 50 mM H₂O₂ uygulamasında 45.19 µ'a, 100 mM H₂O₂ uygulamasında ise 39.74 µ'a düşmüştür (Çizelge 3). Genotip x H₂O₂ uygulaması interaksyonu incelendiğinde, H₂O₂ yoğunluğundaki artışın tüm genotiplerde stoma boyunu önemli bir şekilde azalttığı görülmektedir (Çizelge 3). En yüksek stoma boyu değeri 57.24 µ ile Esperia çeşidinin kontrol grubunda ölçülmüş, bunu 55.40 µ ile aynı istatistiki grupta yer alan TDE-45-1 ileri hattının kontrol grubu izlemiştir. En düşük stoma boyu değeri ise 32.98 µ ile Sultan-95 çeşidinin 100 mM H₂O₂ uygulamasında belirlenmiş, bunu 35.47 µ ile aynı istatistiki grupta yer alan Selimiye çeşidinin 100 mM H₂O₂ uygulaması izlemiştir (Çizelge 3).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, ekmeklik buğday fidelerinde oksidatif stres meydana getirmek için 2-3 yapraklı dönemde 50 ve 100 mM H₂O₂, Hoagland besin çözeltisi içinde çözdürülerek bitkilere verilmiş ve uygulamadan 3 gün sonra bitkilerden örneklemeler yapılmıştır.

Stres koşulları altında bitkilerin büyümelerinin belirlenmesinde en önemli morfolojik parametreler kök ve sap uzunluklarındaki değişimlerdir. Araştırmamızda, kontrol bitkilerine (0 mM H₂O₂) göre artan H₂O₂ yoğunluğunun ortalama kök uzunluğunu % 8.60-17.18 oranında, sap uzunluğunu ise % 5.85-11.36 oranında azalttığı belirlenmiştir. Bu durum, H₂O₂ uygulamasının oksidatif stres yaratarak buğday genotiplerinin kök ve sap büyümesi üzerine baskılayıcı bir etki yarattığını göstermektedir.

Çizelge 3. Stoma sayısı, eni ve boyuna ait ortalama değerler ve önemlilik grupları.

Genotip	Stoma sayısı (adet)				Stoma eni (μ)				Stoma boyu (μ)			
	H ₂ O ₂ uygulaması			Ort.	H ₂ O ₂ uygulaması			Ort.	H ₂ O ₂ uygulaması			Ort.
0 mM	50 mM	100 mM	0 mM		50 mM	100 mM	0 mM		50 mM	100 mM		
Flamura-85	6.67 fg	9.67 abc	10.33 ab	8.89 a	15.55 e-h	14.93 fgh	13.69 h ₁	14.72 c	51.02 b	48.53 bcd	38.58 k	46.04 bc
Esperia	6.33 g	8.67 cd	7.67 def	7.56 c-e	19.29 bc	14.93 fgh	13.69 h ₁	15.97 b	57.24 a	42.31 hij	41.06 jk	46.87 ab
Selimiye	7.00 efg	9.67 abc	10.00 ab	8.89 a	15.55 e-h	16.18 d-g	19.91 ab	17.21 a	46.05 def	42.93 g-j	35.47 l	41.48 d
TDE-84-5	7.67 def	9.33 bc	7.33 efg	8.11 bc	16.18 d-g	16.18 d-g	18.05 bcd	16.80 ab	46.67 cde	44.18 e- ₁	41.69 i-j	44.18 c
TDE-45-1	7.33 efg	8.00 de	6.67 fg	7.33 de	21.78 a	13.69 h ₁	14.31 gh ₁	16.59 ab	55.40 a	49.16 bc	41.07 jk	48.54 a
TDE-111-9	8.00 de	8.67 cd	7.33 efg	8.00 bd	16.80 def	14.93 fgh	12.45 ₁	14.73 c	49.78 b	46.04 def	44.18 e- ₁	46.67 ab
Tosunbey	7.00 efg	7.67 def	6.67 fg	7.11 e	17.42 cde	16.18 d-g	14.93 fgh	16.18 ab	49.15 bc	44.80 e-h	42.93 g-j	45.63 bc
Sultan-95	7.00 efg	7.67 def	10.67 a	8.44 ab	17.42 cde	16.18 d-g	13.69 h ₁	15.76 bc	45.42 efg	43.55 f-j	32.98 l	40.65 d
<i>Ortalama</i>	<i>7.13 b</i>	<i>8.67 a</i>	<i>8.33 a</i>		<i>17.50 a</i>	<i>15.40 b</i>	<i>15.09 c</i>		<i>50.09 a</i>	<i>45.19 b</i>	<i>39.74 c</i>	
<i>LSD (P_{≤0.05})</i>	<i>Genotip: 0.677** H₂O₂: 0.424** Genotip x H₂O₂: 1.200**</i>				<i>Genotip: 1.077** H₂O₂: 0.709** Genotip x H₂O₂: 2.005**</i>				<i>Genotip: 2.064** H₂O₂: 1.009** Genotip x H₂O₂: 2.854**</i>			

Dışarıdan uygulamayla bitki bünyesinde artan H₂O₂ hücre uzamasını baskılamakta, bu da kök uzunluğunun azalmasına neden olmaktadır (Lu ve ark., 2013). Bulgularımıza benzer olarak, Hameed ve ark. (2003), ekmeklik buğdaya erken fide gelişme döneminde uygulanan H₂O₂'in yaprak yaş ağırlığı, yaprak uzunluğu, koleoptil yaş ağırlığı ve koleoptil uzunluğu gibi büyüme parametrelerini önemli düzeyde baskıladığını bildirmişlerdir. Hameed ve ark. (2004), H₂O₂ uygulanmış buğday fidelerinde kontrol fidelere göre kök uzunluğunun daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Lu ve ark. (2013), artan H₂O₂ yoğunluğunun buğday fidelerinde ortalama kök ve sap uzunluğunu önemli bir şekilde azalttığını belirlemişlerdir. Lin ve Kao (2001) ise bulgularımıza benzer sonuçları çeltikte elde etmiş, çeltik fidelerine dışarıdan H₂O₂ uygulamasının kök büyümesini engellediğini saptamışlardır.

Çalışmamızda, fotosentezin en önemli unsurlarından biri olan klorofil içeriğindeki değişim incelendiğinde, H₂O₂ uygulaması sonucu oluşan oksidatif stresin denemeye alınan tüm genotiplerin klorofil içeriğinde benzer şekilde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, genotiplerin klorofil içerikleri farklı olduğu görülmektedir. Bu durum, genotiplerin farklı genetik yapıda olmalarının bir sonucu olabilir. Artan H₂O₂ yoğunluğunun ortalama klorofil içeriğini önemli bir şekilde baskıladığı tespit edilmiştir. Kontrol grubu (0 mM H₂O₂) ile karşılaştırıldığında, ortalama klorofil içeriğinde 50 mM H₂O₂ uygulamasında % 6.50, 100 mM H₂O₂ uygulamasında ise % 14.98 oranında bir azalma olduğu anlaşılmaktadır. Stres altındaki bitkilerin antioksidatif aktivitesi ve lipit peroksidasyonundaki azalma klorofil kayıplarına neden olabilmektedir (Sairam ve Saxena, 2000). Bu durum, bitkide reaktif oksijen türlerinin (ROS) ortaya çıkmasıyla kloroplastların hasar görmesinden kaynaklanmaktadır (Chachar ve ark., 2016). Bulgularımıza benzer olarak, Allahverdiyev (2015), kuraklık stresinin ekmeklik ve makarnalık buğday genotiplerinin fizyolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada, stresin buğday genotiplerinin klorofil içeriğinde önemli bir azalmaya neden olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı, stres koşullarında klorofil içeriğindeki bu azalmanın klorofil pigmentinin foto-oksidasyonuna bağlı olabileceğini belirtmiştir. Sonuçlarımız, iki haftalık buğday fidelerine NaCl solüsyonu uygulayarak oluşturdukları oksidatif stresin buğday genotiplerinin klorofil içeriğini önemli bir şekilde düşürdüğünü belirleyen Kumar ve ark. (2017)'nin bulgularıyla da benzerlik göstermiştir.

Bitkilerin stres koşullarında fizyolojik aktivitelerini yerine getirmelerine olanak sağlayan en önemli unsurlardan biri de su içeriklerini korumalarıdır. Bitki dokularındaki su eksikliğinin ilk belirtilerinden biri oransal su içeriğinin azalması (Valentovic ve ark.,

2006) yani su kayıp oranının artmasıdır. Araştırmamızda, dışarıdan H₂O₂ uygulamasıyla oluşturulan oksidatif stresin ekmeklik buğday genotiplerinin yaprak su kayıp oranları üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Genotipik farklılıkları nedeniyle denemeye alınan ekmeklik buğday genotiplerinin yaprak su kayıp oranı yönünden H₂O₂ uygulamasına tepkileri farklı olmuştur. Genel olarak incelendiğinde, H₂O₂ uygulamasıyla yaprak su kayıp oranının arttığı görülmektedir. Kontrol grubuna göre, 50 mM H₂O₂ uygulamasında % 46.50, 100 mM H₂O₂ uygulamasında ise % 27.95 daha fazla yaprak su kayıp oranı belirlenmiştir. Bulgularımız, buğdayda NaCl uygulayarak oluşturulan oksidatif stresin yaprak su içeriğini önemli bir şekilde azalttığını dolayısıyla yaprak su kayıp oranını arttırdığını saptayan Farouk (2011)'un bulgularıyla uyum içindedir.

Buğdayda CO₂ alınımı, fotosentez, transpirasyon gibi hayati öneme sahip olan fizyolojik işlevler ve çevresel faktörlere tepkiler stoma özellikleri tarafından kontrol edilmektedir (Sarwar ve ark., 2013). Birim alandaki sayısı ve boyutları gibi stoma özellikleri ise bitkilerde büyüme hızının ve su dengesinin temel belirleyicileri olarak kabul edilmektedir (Dillen ve ark., 2008). Ayrıca, bitkilerde stoma özellikleri ile verim ve verim unsurları arasında pozitif bir ilişki olduğu bilinmektedir. Araştırmamızda denemeye alınan ekmeklik buğday genotiplerinin stoma sayısı, stoma eni ve boyu bakımından farklı özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, denemeye alınan buğday genotiplerinin farklı genetik yapıya sahip olmalarının bir sonucu olarak düşünülebilir. Zira yapılan araştırmalarda stoma özelliklerinin güçlü bir şekilde genetik faktörler tarafından kontrol edildiği bildirilmektedir (Shahinnia ve ark., 2016). Çalışmamızda, dışarıdan H₂O₂ uygulamasının stoma özelliklerini önemli bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, H₂O₂ yoğunluğunun artmasıyla ortalama stoma sayısında % 16.83-21.60 oranında artma, stoma eni ve boyunda ise sırasıyla % 12.00-13.77 ve % 9.78-20.66 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. H₂O₂ uygulamasıyla oluşan oksidatif stres, stomaların büyümesini baskılayarak stoma boyunun, stomaların kapanmasına neden olarak da stoma eninin azalmasına neden olmuştur. Stres koşulları altında, bitkiler stomalarını su kaybına karşı bir savunma mekanizması olarak kapatmaya çalışmaktadır (Agostinetto ve ark., 2016). Bulgularımıza benzer olarak Song ve ark. (2014), H₂O₂ gibi ROT'nin stoma kapanmasına neden olduğunu açıklamışlardır. Stoma boyutlarının azalması sonucunda da birim alana düşen stoma sayısı artmıştır. Bulgularımız, bitkilerde stoma yoğunluğu/sayısı ile stoma boyutları arasında negatif önemli bir ilişki olduğunu açıklayan Doheny-Adams ve ark. (2012)'nin bulgularıyla uyum içindedir.

Bitki hücrelerinin farklı bölgelerinde oluşan ve reaktif oksijen türlerinden biri olan H_2O_2 'nin konsantrasyonunun artması oksidatif hücre hasarına neden olmaktadır. Ancak, H_2O_2 konsantrasyonu düşük seviyede tutulduğunda ise bitki savunma sistemi için ikincil haberci olarak işlev görmektedir (Ślesak ve ark., 2007; Savvides ve ark., 2016). H_2O_2 'nin iyileştirici özelliği birçok bitkide (buğday (Wahid ve ark., 2007; Li ve ark., 2011; Ashfaque ve ark., 2014), pamuk (Santhy ve ark., 2014), mısır (Gondim ve ark., 2010) ve çeltik (Uchida ve ark., 2002)) yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Sonuç olarak, dışarıdan H_2O_2 uygulamasıyla oluşturulan oksidatif stres denemeye alınan ekmeçlik buğday genotiplerinin incelenen tüm morfo-fizyolojik özelliklerini önemli bir şekilde etkilemiştir. Buğdaya dışarıdan H_2O_2 uygulamasının oksidatif strese dayanıklılık/tolerans çalışmalarında erken dönemde genotiplerin seleksiyonunda başarılı bir şekilde kullanılabileceği belirlenmiştir. Araştırmada incelenen klorofil içeriği, yaprak su kayıp oranı ve stoma özellikleri gibi fizyolojik özelliklerin seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebileceği dikkati çekmiştir. Flamura-85 ekmeçlik buğday çeşidi ile TDE-45-1 ve TDE-111-9 ileri ekmeçlik buğday hatlarının diğer genotiplere göre oksidatif strese yanıtlarının daha iyi olduğu ve bu genotiplerin oksidatif stres çalışmalarında genitör olarak kullanılabileceği söylenebilir.

TEŞEKKÜR:

Bu çalışma, NKUBAP.00.24.AR.14.31 nolu projenin bir bölümü olup, değerli katkılarından dolayı NKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Agostinetto D, Perboni LT, Langaro AC, Gomes J, Fraga DS, Franco JJ 2016. Changes in Photosynthesis and Oxidative Stress in Wheat Plants Submitted to Herbicides Application. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, 34(1):1-9.

Allahverdiyev T 2015. Effect of Drought Stress on Some Physiological Traits of Durum (*Triticum durum* Desf.) and Bread (*Triticum aestivum* L.) Wheat Genotypes. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 11(1): 30-32.

Anonim 2016. FAO Statistical Databases. www.fao.org/site/567/default.aspx. (Erişim tarihi: 15.03.2018).

Ashfaque F, Iqbal M, Khan R, Khan NA 2014. Exogenously applied H_2O_2 promotes proline accumulation, water relations, photosynthetic efficiency and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. *Annual Research and Review in Biology*, 4(1): 105-120.

Caverzan A, Casassola A, Brammer SP 2016. Antioxidant Responses of Wheat Plants under Stress. *Genetics and Molecular Biology*, 39(1): 1-6.

Chachar MH, Chachar NA, Chachar Q, Mujtaba SM, Chachar S, Chachar Z 2016. Physiological Characterization of Six Wheat Genotypes For Drought Tolerance. *International Journal of Research – Granthaalayah*, 4(2): 184-196.

Clarke JM, McCaig TN 1982. Excised-Leaf Water Retention Capability as An Indicator of Drought Resistance of *Triticum* Genotypes. *Can. J. Plant Sci.*, 62: 571-578.

Dat J, Vandenabeele S, Vranová E, Montagu MV, Inzé D, Breusegem FV 2000. Dual Action of The Active Oxygen Species During Plant Stress Responses. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 57: 779-795.

Dillen SY, Marron N, Koch B, Ceulemans R 2008. Genetic Variation of Stomatal Traits and Carbon Isotope Discrimination in Two Hybrid Poplar Families (*Populus deltoides* 'S9-2' x *P. nigra* 'Ghoy' and *P. deltoides* 'S9-2' x *P. trichocarpa* 'V24'). *Ann Bot.*, 102:399-407.

Doheny-Adams T, Hunt L, Franks PJ, Beerling DJ, Gray JE 2012. Genetic Manipulation of Stomatal Density Influences Stomatal Size, Plant Growth and Tolerance to Restricted Water Supply Across a Growth Carbon dioxide Gradient. *Phil. Trans Royal Society B-Biological Sciences*, 367:547-55.

Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (Ders Kitabı). Ank. Üniv. Zir. Fak. Yay., No:1021/295, Ankara, 381 s.

Farouk S 2011. Osmotic Adjustment in Wheat Flag Leaf in Relation to Flag Leaf Area and Grain Yield Per Plant. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 7 (2): 117-138

Gechev T, Willekens H, Van Montagu M 2003. Different Responses of Tobacco Antioxidant Enzymes to Light and Chilling Stress. *J. Plant Physiol.*, 160: 509-515.

Gondim FA, Gomes-Filho E, Lacerda CF, Prisco JT, Neto ADA, Marques EC 2010. Pretreatment with H_2O_2 in maize seeds: Effects on germination and seedling acclimation to salt stress. *Brazilian Society of Plant Physiology*, 22 (2): 103-112.

Hameed A, Farooq S, Iqbal N, Arshad R 2004. Influence of Exogenous Application of Hydrogen Peroxide on Root and Seedling Growth on Wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture & Biology*, 6(2): 366-369.

Hameed A, Malik SA, Iqbal N, Arshad R, Farooq S 2003. Influence of Hydrogen Peroxide on Initial Leaf and Coleoptile Growth in Etiolated Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seedlings. *Asian J. Plant Sci.*, 2(15-16): 1121-1125.

Kacar B, Katkat AV, Öztürk Ş 2002. Bitki Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No: 198, VIPAŞ A.Ş. Yayın No: 74, Bursa, 563 s.

Kumar RR, Sharma SK, Gadpayle KA, Singh K, Sivaranjani R, Goswami S, Rai RD 2012. Mechanism of Action of Hydrogen Peroxide in Wheat Thermotolerance - Interaction Between

- Antioxidant Isoenzymes, Proline and Cell Membrane. Afr. J. Biotechnol., 11(78): 14368-14379.
- Kumar S, Beena AS, Awana M, Singh A 2017. Physiological, Biochemical, Epigenetic and Molecular Analyses of Wheat (*Triticum aestivum*) Genotypes with Contrasting Salt Tolerance. Front. Plant Sci., 8:1-20.
- Kün E 1996. Tahıllar-I (Serin İklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 1451, Ders Kitabı No. 431, Ankara, 322s.
- Lamb C, Dixon RA 1997. The Oxidative Burst in Plant Disease Resistance. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 48: 251-275.
- Li TJ, Qiu BZ, Zhang XW, Wang LS 2011. Exogenous hydrogen peroxide can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. Acta Physiologia Plantarum, 33: 835-842.
- Lin CC, Kao CH 2001. Cell Wall Peroxidase Activity, Hydrogen Peroxide Level and NaCl-Inhibited Root Growth of Rice Seedlings. Plant Soil, 230: 135-143.
- Lu J, Li XN, Yang YL, Jia LY, You J, Wang WR 2013. Effect of Hydrogen Peroxide on Seedling Growth and Antioxidants in Two Wheat Cultivars. Biologia Plantarum, 57(3): 487-494.
- Monneveux P, Jing R, Misra SC 2012. Phenotyping for Drought Adaptation in Wheat Using Physiological Traits. Front. Physiol., 3: 1-12.
- Öztürk İ, Avcı R 2014. Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Tane Verimi ile Bazı Tarımsal Karakterler Arası İlişkiler. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 23(2): 49-55.
- Sairam RK, Saxena DC 2000. Oxidative Stress and Antioxidants in Wheat Genotypes: Possible Mechanism of Water Stress Tolerance. J. Agron. Crop. Sci., 184: 55-61.
- Sarwar AKM, Golam AKA, Masud RSMA 2013. Influence of Stomatal Characteristics on Yield and Yield Attributes of Rice. Journal of Bangladesh Agricultural University, 11(1): 47-52.
- Savvides A, Ali S, Tester M, Fotopoulos V 2016. Chemical priming of plants against multiple abiotic stresses: mission possible. Trends in Plants Science, 21(4): 329-340.
- Shahinnia F, Roy JL, Laborde B, Sznajder B, Kalambettu P, Mahjourimajd S, Tilbrook J, Fleury D 2016. Genetic Association of Stomatal Traits and Yield in Wheat Grown in Low Rainfall Environments. BMC Plant Biology, 16:150-164.
- Ślesak I, Libik M, Karpinska B, Karpinski S, Miszalski Z 2007. The role of hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism and cellular signalling in response to environmental stresses. Acta Biochimica Polonica, 54(1): 39-50.
- Song Y, Miao Y, Song CP 2014. Behind The Scenes: The Roles of Reactive Oxygen Species in Guard Cells. New Phytologist, 201: 1121-1140.
- Steel RGD, Torrie JH 1984. A Biometrical Approach 2nd Ed. McGraw Hill Book Co. Inc., Singapore.
- Steward FC 1963. Plant Physiology, Vol III: Inorganic Nutrition of Plants. Academic Press, New York and London. p 100.
- Uchida A, Jagendorf AAT, Hibino T, Takabe T, Takabe T 2002. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. Plant Science, 163: 515-523.
- Valentović P, Luxová M, Kolarović L, Gašparíková O 2006. Effect of Osmotic Stress on Compatible Solutes Content, Membrane Stability and Water Relations in Two Maize Cultivars. Plant Soil Environ., 52(4): 186-191.
- Wahid A, Perveen M, Gelani S, Basra SMA 2007. Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. Journal of Plant Physiology, 164: 283-294.
- Xu Z, Zhou G 2008. Responses of Leaf Stomatal Density to Water Status and Its Relationship With Photosynthesis in A Grass. J. Exp. Bot., 59(12): 3317-3325.
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF 1974. A Decimal Code for Growth Stages of Cereals. Weed Res., 14: 415-421.