

## Kavuzlu Siyez (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) ve Ekmeklik (*Triticum aestivum* L.) Buğdaylarda Kurak ve Tuz Stresinin Erken Fide Gelişimi ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

\*Fatma PEHLİVAN KARAKAŞ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu

<sup>2</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bolu

\*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding autor; email): fatmapehlivan@abant.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 14.05.2016

Kabul Tarihi (Accepted): 31.05.2016

### Öz

Bu çalışma, ülkemizde yetiştirilen 2 kavuzlu siyez (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*; AA; 2n=14) buğday populasyonu (Populasyon-1 ve Populasyon-2) ve 4 tescilli ekmeklik (*Triticum aestivum* L.; AABBDD; 2n=42) buğday çeşidinde (Gerek-79, İkizce, Demir-2000 ve Gün-91) kurak ve tuz stresinin erken fide gelişimi ve antioksidan aktivite [toplam fenolik içeriği, toplam flavonoid içeriği ve 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikal giderici etki] üzerine olan etkilerini belirleyebilmek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada 2 farklı tuz konsantrasyonu [0.0 (saf su) ve 50 mM NaCl] ve polietilen glikolle (PEG-600) oluşturulan 3 farklı osmotik basınç (0 MPa., -0.5 MPa. ve -1.0 MPa.) kullanılmıştır. Deneme başlangıcından 10 gün sonra çim uzunluğu, kök uzunluğu, çim yaş ağırlığı, çim kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı ölçülmüştür. -1.0 MPa.'lık osmotik basınç altında bazı çeşitler çimlenmelerine karşın fide geliştirememişlerdir. Buğday çeşitleri arasında erken fide gelişim parametreleri ve antioksidan aktiviteleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Çim uzunluğu ( $15.01 \pm 2.53$  cm), kök uzunluğu ( $9.67 \pm 1.75$  cm), çim yaş ( $100.58 \pm 22.47$  mg) ve çim kuru ( $10.47 \pm 2.46$  mg) ağırlığı en fazla Demir-2000 buğday çeşidinin kontrol grubunda, en yüksek kök yaş ( $95.30 \pm 15.94$  mg) ve kök kuru ( $9.66 \pm 1.6$  mg) ağırlık Gün-91'in kontrol grubunda, en yüksek toplam fenolik madde içeriği Gerek-79'un ( $31.23 \pm 1.81$  mg GAE/gr), en yüksek flavonoid madde içeriği ise Demir-2000'in ( $84.00 \pm 6.01$  mg KE/gr) tuz stresi altındaki gruplarında belirlenmiştir. En iyi antioksidan aktivite, en düşük  $IC_{50}$  ( $13.98 \pm 0.25$  mg/L) değeriyle tuz stresi altındaki Demir-2000'de görülmüştür. Demir-2000'in tuz stresi altında çimlendirilmesiyle antioksidan aktivitesinin anlamlı bir şekilde artması, bu çeşidin tuz stresi altında antioksidan savunma mekanizmasını diğer buğday çeşitlerinden daha etkin kullandığı şeklinde değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Buğday, kuraklık stresi, tuz stresi, Gerek-79, İkizce, Demir-2000, Gün-91

### Effects of Drought and Salinity Stress on Early Seedling Growth and Antioxidant Activity in Hulled Einkorn (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) and Bread (*Triticum aestivum* L.) Wheats

#### Abstract

This study was conducted to determine the effects of drought and salinity stress on early seedling growth and antioxidant activity [total phenolic content, total flavonoid content and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenger activity] of 2 hulled einkorn (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*; AA; 2n=14) populations (Pop-1 and Pop-2) and 4 bread wheat (*Triticum aestivum* L.; AABBDD; 2n=42) cultivars (cv. Gerek-79, İkizce, Demir-2000 ve Gün-91) grown in Turkey. Two different salt concentrations [0.0 (distilled water) and 50 mM NaCl] and 3 different osmotic pressures (0 MPa., -0.5 MPa. and -1.0MPa), which were created by polyethylene glycol (PEG-600) were used. After ten days, early seedling growth parameters such as shoot length, root length, shoot fresh weight, shoot dry weight, root fresh weight, and root dry weight were measured. Although some seeds germinated under -1.0 MPa. osmotic pressure, none of them reached early seedling growth. Statistically significant differences for early seedling growth parameters and antioxidant activities of wheats were recorded ( $p<0.05$ ). The maximum shoot length ( $15.01 \pm 2.53$  cm), root length ( $9.67 \pm 1.75$  cm), shoot fresh weight ( $100.58 \pm 22.47$  mg), and shoot dry weight ( $10.47 \pm 2.46$  mg) were in the control group of Demir-2000. The highest root fresh weight ( $95.30 \pm 15.94$  mg) and root dry weight ( $9.66 \pm 1.6$  mg) were in the control group of Gün-91. The highest total phenolic content ( $31.23 \pm 1.81$  mg GAE/gr) and

total flavonoid ( $84.00 \pm 6.01$ mg QE/gr) contents were in Gerek-79 and Demir-2000 under salt stress, respectively. When free radical scavenging antioxidant activities were compared, Demir-2000 had the lowest  $IC_{50}$  values ( $13.98 \pm 0.25$  mg/L) under salt stress among all entries. The highest antioxidant activity of Demir-2000 under salt stress demonstrated that antioxidant defense of that was more effective than other available wheat cultivars.

**Keywords:** Wheat, drought stress, salt stress, Gerek-79, İkizce, Demir-2000, Gün-91

## Giriş

Buğday, insan beslenmesinde çok önemli yeri olan protein, nişasta (Vida ve ark. 2014), lif, fitokimyasal ve antioksidan maddeleri bünyesinde bulunduran bir tahıldır (Andersson et al. 2013). Protein ve nişastasıyla günlük besin gereksinimlerini karşılarken, lifleriyle sindirimi kolaylaştırır ve böylece kolon kanserine yakalanma riskini azaltır (Huang et al. 2015). Fitokimyasallarıyla ise serbest radikalleri yok ederek, DNA ve diğer hücre komponentlerini oksidasyon hasarından korur. Biyoaktif fenolik asitler, E vitamini (tokoller) ve karotenoitleriyle tip-2 diyabet, iskemik kalp rahatsızlıkları, kolon ve meme kanseri gibi rahatsızlıkları önler ve bu hastalıklara yakalanma riskini düşürür (Giambanelli et al. 2013; Visioli et al. 2000). Bunlara ilave olarak, insan sağlığı açısından önemli değere sahip olan bazı biyoaktif maddeleri de (fenolik asitler, antioksidanlar, E vitamini vs) modern buğday çeşitleri yanında daha çok yabani türlerde bulunmaktadır (Hidalgo et al. 2006; Abdel-Aal et al. 2008).

Buğdayın (*Triticum* ssp.) kavuzlu atalarından olan siyez buğdayının (*Triticum monococcum* spp. *monococcum*) insan beslenmesi ve sağlığına önemli katkılarda bulunduğu bilinmektedir (Pirgozliev et al. 2015). Kavuzlu siyez buğdayı, Diyarbakır'daki Karacadağ eteklerinde kültüre alınmış ilk buğday türüdür (Heun et al. 2002). Günümüzde kullanılan modern makarnalık ve ekmeklik buğdaylar kavuzlu siyezden daha sonra kültüre alınmışlardır (Salamini et al. 2002). Kavuzlu siyez buğdayından, modern buğday türlerine geçilmesi daha sonra olmuştur. Kavuzlu siyez buğdayı üretimi bugün Türkiye'de ne yazık ki yalnızca Kastamonu, Bolu, Bilecik ve Sinop illerindeki sınırlı alanlara sınırlanmıştır (Karagoz and Zencirci 2005).

Bitkileri olumsuz etkileyen stres faktörleri biyotik ve abiyotik olarak ikiye ayrılmaktadır. Biyotik stres faktörleri hastalıklar, yabancı otlar, böcekler; abiyotik stres faktörleri ise kuraklık, tuzluluk, soğuk, sıcak, besin eksikliği, ağır

metaller, radyasyon, hava kirliliği ve benzerleridir. Stres faktörlerinin hepsi bitkinin biyosentetik kapasitesini azaltarak, yaşam fonksiyonlarını düşürmekte, verimini azaltmakta ve sonuç olarak ölümüne yol açmaktadır (Kalefetoğlu and Ekmekçi 2005). Kuraklık; düşük yağış ya da yüksek sıcaklık nedeniyle dünya genelinde buğday üretimini sınırlayan en önemli abiyotik stres faktörüdür (Narouni et al. 2012). Beklenen iklim değişikliğinden veya iklim düzensizliklerinden dolayı sıcaklıkların daha da artması kuraklığı kaçınılmaz hale getirecektir. Kuraklık; tohumun çimlenmesini, bitkinin büyümesini, gelişmesini DNA'yı, RNA'yı, protein sentezini ve hücre bölünmesini olumsuz etkiler (Abdoli and Saeidi 2012). Buğday üretimi genel olarak kuru tarım alanlarında yapıldığından kuraklık buğdayın üretiminde ciddi problemlere yol açmaktadır (Öztürk 1990). Kuraklık stresinde, önce toprağın, sonra bitkinin su potansiyeli azalmakta, bitkinin turgor basıncı düşmekte, stomalar kapanmakta, CO<sub>2</sub> alımı azalmakta, fotosentez yavaşlamakta ve büyüme gerilemektedir. Bir genotipin yüksek sıcaklıkta hayatta kalması bitkinin türüne ve çeşidine, bitkinin hangi evrede sıcaklığa maruz kaldığına, hücrelerinin hassasiyetine göre değişmektedir (Yıldız ve Terzi 2007). Buğday tohumu kuraklık stresine maruz kaldığında, tohumdaki yeşil alan azalmakta, büyüme oranı düşmekte bu da buğdayın verimini olumsuz yönde etkilemektedir (Khakwani et al. 2011).

Tuzluluk; kurak ve yarı kurak bölgelerde yikanarak yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzların yüksek taban suyu nedeniyle kılcal yollarla toprak yüzeyine çıkması, buharlaşma sonucu toprak yüzeyinde birikmesi ya da bazı bölgelerde yapılan yanlış sulama sonucunda oluşmaktadır (Akgül 2003). 21. yüzyılın ortalarında tuzlanma nedeniyle tarlaların yarısının kullanılamayacağı öngörülmektedir (Radi et al. 2013). Topraktaki tuz miktarı Türkiye'de de üretimi olumsuz etkilemektedir (Eker et al. 2006). Fazla tuz hiper-ozmotik strese sebep olarak bitkinin ölmesine yol açmaktadır.

Topraktaki tuz; ilk olarak bitkinin büyüme evresinde su alımını engelleyerek ozmotik stresi artırmakta ve kuraklığa sebep olmaktadır. Tuz stresi fizyolojik olarak buğday çimlenmesini, tohumun büyümesini, hücre bölünmesini etkileyerek erken çiçeklenme döneminde kuru madde birikmesini azaltmakta, kök miktarını arttırmakta ve verimi düşürmektedir. Tuz miktarı bitkide aşırı miktarda artmaya devam ederse, hücreler arası Na, Cl dengesi bozulmakta ve bu da sitoplazmada zehirli etkiye sebep olmaktadır (Datta et al. 2009). Bu durum buğdayda besin maddesi taşınmasını azaltarak büyümeyi durdurmaktadır (Radi et al. 2013). Tuza karşı bitkilerin tolerans gösterdiği bilinmektedir. Bitkide tuz toleransı varsa bitki çeşitli çözülebilir tuzların yüksek konsantrasyonunda büyüme ve hayat döngüsünü tamamlayabilmekte, buğday ise tuz stresinde biyokimyasal ve moleküler mekanizmalarını aktif hale getirerek ozmotik Na ve Cl dengesini düzenleyebilmektedir (Yılmaz et al. 2011).

Flavonoit, fenolik asit ve antosiyanin gibi maddelerin biyosentezi ve bitki bünyesinde birikimi, bitki materyalinin antioksidan aktivitesini güçlendirmektedir (Serpen et al. 2008; Karakas and Turker, 2013). Serbest radikaller kanser, şeker, iskemi, iltihap, astım, Parkinson, hafıza zayıflığı ve yaşlanma gibi birçok önemli hastalıklara neden olmaktadır. Bitkisel kökenli doğal antioksidan içeren yiyeceklerin kullanımı serbest radikallerin zararlı etkilerini azaltarak ya da yok ederek, bu hastalıklara yakalanma riskini azaltmaktadır. Doğal bitkisel kaynaklı besin maddeleri kimyasal içerikli ilaçlara göre daha güvenilir, daha etkili ve daha ucuz olmalarından dolayı ilgi her geçen daha da artmaktadır (Babbar et al. 2011; Karakas and Turker, 2013).

Abiyotik stres faktörlerinin pek çok bitki türünde, fenolik madde sentezini ve birikimini değiştirerek antioksidan aktivitelerini etkilediği bilinmektedir. Yapılan literatür araştırmasında, ülkemize ait bazı yerel buğday çeşitlerinin, strese bağlı fenolik ve flavonoit madde birikiminde meydana gelen değişimlerle antioksidan aktivitelerinin ilişkilendirildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle; bu çalışmada, 2 tane kavuzlu siyez populasyonunda (Pop-1 ve Pop-2) ve 4 tane tescilli ekmeklik buğday çeşidinde (Gerek-79, İkizce, Demir-2000 ve Gün-91) kurak ve tuz stresinin erken fide gelişimi parametreleri (çim uzunluğu, kök uzunluğu, çim yaş ağırlığı, çim kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı) ve antioksidan aktivite (DPPH

serbest radikalini süpürücü etki, toplam fenolik içeriği ve toplam flavonoit içeriği) üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Bu araştırma: 2014-2015 döneminde Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Alper Karakas Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Tescilli ekmeklik buğdaylardan (*Triticum aestivum* L.) "Gerek-79" Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü/Eskişehir, "İkizce", "Demir-2000" ve "Gün-91" Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü/Ankara, kavuzlu siyez (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) "Populasyon-1" Haccağız Köyü, Seben/Bolu ve "Populasyon-2" Kavaklı Yazı Köyü, Seben/Bolu'dan temin edilmiştir.

### Tohum Sterilizasyonu ve Çimlenme

Denemeye alınan 6 farklı buğday çeşidi ayrı ayrı sayılarak (100 adet), 250 ml'lik beherlere konulmuştur. Üzerlerine yüzey sterilizasyonunu sağlamak için %5'lik sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisinden 100 ml ilave edilerek 15 dk. bekletilmiştir. Süre bitiminde tohumlar steril distile suyla 4-5 defa çalkalanarak, iyice yıkanmıştır. Steril edilmiş tohumlar, petrilere içine yerleştirilen steril filtre kağıtlarının arasına 10'ar adet konulmuştur. Kontrol grubu için petrilere 10 ml saf su, kuraklık stresi grupları için 10 ml -0.0 MPa., -0.5 MPa. veya -1.0 MPa. polietilen glikol (PEG 600) ve tuz stresi grubu için de 10 ml 50 mM sodyum klorit (NaCl) solüsyonu konulmuştur. Uygulanan tüm solüsyonların pH'sı 5.8'e ayarlanmıştır. Her grup için 4 tekrarlı petri kapları hazırlanmıştır (5 petri × 10 tohum). Solüsyonların buharlaşmasını önlemek için petri kaplarının etrafı parafilm ile sarılmıştır. Tüm petri kapları iklim odasına alınarak, 4 gün karanlıkta ve sonraki 6 gün 16 saat ışık rejiminde, 20 ± 2°C'de tutulmuştur. Petri kaplarındaki filtre kağıtları ve deney solüsyonları gün aşırı yenilenmiştir. Ekimden 10 gün sonra rasgele seçilmiş 15 bitkide "çim uzunluğu (cm)", "kök uzunluğu (cm)", "çim yaş ağırlığı (mg)", "çim kuru ağırlığı (mg)", "kök yaş ağırlığı (mg)" ve "kök kuru ağırlığı (mg)" gibi morfolojik ve biyokütle üretimi parametreleri belirlenmiştir. Çimlenen tohumların kuru ağırlık ölçümleri 105°C'ye ayarlanmış etüvde 2 saat bekletildikten sonra alınmıştır.

### Özütlerin Hazırlanması

Kontrol (saf su), kuraklık stresi (-0.5 MPa.'lık osmotik basınç) ve tuzluluk stresi (50 mM NaCl)

koşulları altında çimlendirilen 10 günlük fidecikler ayrı ayrı toplanarak, porselen havan içine konulmuştur. Fideciklerin sıvı kısmını uçurmak için üzerlerine yavaş yavaş sıvı azot ilave edilip porselen havan tokmağıyla hızlıca ezilmişlerdir. Fidecikler iyice parçalanıp, kuru toz haline gelinceye kadar sıvı azot ilavesi ve ezme işlemine devam etmiştir. Özütleme işlemi başlatmak için kuru toz haline getirilmiş her buğday çeşidinden 1'er gr tartılıp, cam deney tüplerine konulmuştur. Her birinin üzerine 10 ml %80 metanol ilave edilip, çalkalamalı sıcak su banyosunda, 35°C'de, bir gece bekletilmiştir. Ertesi gün test tüpler ultrasonik banyoda 15 dk. bekletilmişlerdir. Daha sonra, 5000 rpm de, 10 dk. santrifüj edilerek üstte kalan sıvı berrak kısımları toplanıp, 0.45 µm por büyüklüğüne sahip Whatman şırınga filtresinden geçirilmiştir. Filtre edilen buğday özütleri analiz edilinceye kadar ependorf tüplere konularak, -20°C'de muhafaza edilmiştir.

#### Toplam Fenol Tayini

Toplam fenolik madde içeriği Dewonto et al. (2002)'lerinin tanımladığı yönteme göre Folin-Ciocalteu ayırıcı kullanılarak yapılmıştır. Referans fenolik madde olarak gallik asit standartı kullanılmıştır. Stok solüsyonlarının hazırlanması için 1 mg fenolik standart 10 ml %80 metanolde çözülmüştür. Gallik asit kalibrasyon eğrisini oluşturmak için bu stok solüsyondan daha farklı konsantrasyonlar da hazırlanmıştır (12.5-250 mg/l). Ayrı ayrı etiketlenmiş cam deney tüplerine 125 µl her kalibrasyon solüsyonu, özüt ya da kör (%80 metanol) konulmuştur. Her bir tüpe 500 µl distile su ve 125 µl Folin-Ciocalteu ayırıcı (Sigma®) ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. 5 dk. beklendikten sonra, 125 µl %10'luk sodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) solüsyonundan ilave edilmiş ve tüplerdeki solüsyon, toplam hacim 3 ml olacak şekilde distile su (2125 µl) ile tamamlanmıştır. Tüm test edilen deney tüpleri vortex yardımıyla iyice çalkalanmıştır. Solüsyonlar oda sıcaklığında (22 ± 2°C), 90 dk. karanlıkta inkübe edilerek, her örneğin absorbansı, 760 nm'ye ayarlanmış spektrofotometrede (Hitachi U-1900, UV-VIS Spectrophotometer 200V, JAPAN) ölçülmüştür. Buğdayların toplam fenolik madde içerikleri, 1 gr kuru bitki materyalinde bulunan, mg cinsinden gallik aside eşdeğer (GAE) miktar olarak verilmiştir. Hesaplamalar gallik asit kalibrasyon eğrisine göre yapılmıştır (R<sup>2</sup>= 0.998). Her bir ölçüm 3 kere tekrarlanmıştır.

#### Toplam Flavonoit Tayini

Özütlerin toplam flavonoit tayini alüminyum klorit (AlCl<sub>3</sub>) kolorometrik yöntemine göre yapılmıştır (Chang et al. 2002). Kuersetin referans flavonoit madde olarak kullanılmıştır. Test tüplerine ayrı ayrı 500 µl özüt veya kuersetinin kalibrasyon solüsyonundan konulmuştur. Üzerlerine 2 ml distile su ve 150 µl %5'lik sodyum nitrat (NaNO<sub>2</sub>) ilave edilerek, vorteks ile iyice çalkalanmıştır. Altıncı dakikada, 150 µl %10'luk AlCl<sub>3</sub> ve 1000 µl 1M sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilerek, tüpler tekrar çalkalanmıştır. Reaksiyon tüplerinin üzerlerine 1200 µl distile su konulup, solüsyon hacmi 5 ml'ye tamamlanmıştır. Karışımların absorbansı 510 nm'de ölçülmüştür. Özütlerin toplam flavonoit madde içerikleri, 1 gr kuru bitkideki mg cinsinden kuersetine eşdeğer (KE) miktarlarının kalibrasyon eğrisine göre hesaplanmıştır (R<sup>2</sup>= 0.9962). Her bir ölçüm 3 kere tekrarlanmıştır.

#### Serbest Radikal Giderici Etki Tayini

Buğday özütlerin DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich Chemie, Steinheim, Germany) üzerindeki serbest radikali giderici etkileri Brand-Williams (1995) metoduna göre yapılmıştır. Özütlerin stok solüsyonlarına %80 metanol ilave edilerek, kalibrasyon eğrisi oluşturmak için farklı konsantrasyonlarda (25, 50, 100, 150, 200, 250, 300 ve 400 µg/ml) solüsyonlar hazırlanmıştır. DPPH solüsyonu 1.5 × 10<sup>-5</sup> M olacak şekilde %80 metanol içinde çözümlenerek hazırlanmıştır. 0.5 ml DPPH solüsyonu 1.5 ml özüt solüsyonuyla karıştırılıp karanlıkta 30 dak. oda sıcaklığında, bekletilmiştir. Süre bitiminde örneklerin ve pozitif kontrolün (1.5 ml %80 metanol ve 0.5 ml DPPH solüsyonu) absorbansı köre (%80 metanol) karşı 517 nm'de ölçülmüştür. Özütlerin DPPH üzerinden serbest radikal süpürücü etkileri, IC<sub>50</sub> (mg/L) değerleri (DPPH absorbansının %50'sini düşürmek için gerekli olan özüt miktarı) hesaplanarak verilmiştir.

#### İstatistiksel analiz

Her deney birbirinden bağımsız 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Sonuçların istatistiksel analizleri SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programıyla yapılmıştır. Sonuçlar ortalama ve standart sapma (ortalama ± SS) olarak verilmiştir. Ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar (p<0.05) "Duncan's Multiple Range Testi" kullanılarak, belirlenmiştir. Tablo ve şekiller üzerinde bulunan birbirinden farklı küçük harfler

(a, b, c, d, e) ortalamalar arasındaki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

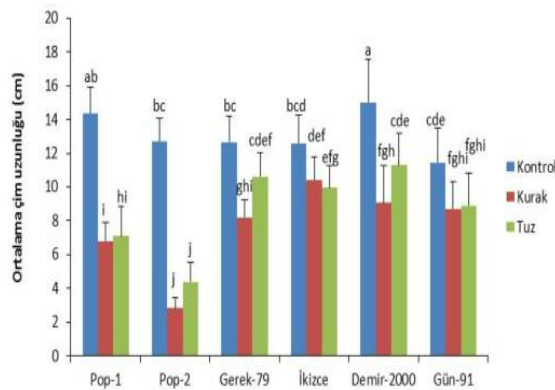
### Bulgular ve Tartışma

Kuraklık, tuzluluk, besin eksikliği, ağır metal birikimi, sıcaklık ve UV radyasyon gibi çevresel etmenler bitkilerin büyüme, gelişme ve ürün verimliliğini etkileyen abiyotik stres etmenlerindedir (Chaudhary et al. 1997; McMaster and Wilhelm 2003). Bu nedenlerle bu çalışmada, kuraklık ve tuzluluk stresinin 2 kavuzlu siyez popülasyonu ve 4 ekmelekli buğday çeşidinin erken fide gelişimi ve antioksidan aktivitesi üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

### Erken Fide Dönemi Gelişim Parametreleri

Biyotik ve abiyotik stres etmenleri, çoğu bitki türünde büyüme ve gelişmeyi sınırlandırmaktadır (Keles and Oncel 2002). Kuraklık, buğdayın tüm büyüme aşamalarını etkilerken (McMaster and Wilhelm 2003; Majid et al. 2007; Geerts et al. 2008) tuz stresi de bitkiler üzerinde kuraklık benzeri sonuçlara yol açmaktadır (Mahajan and Tuteja, 2005). Bu çalışmada, kuraklık, tuzluluk ve kontrol koşullarında çimlendirilmiş 10 günlük fidelerin ortalama çim uzunluğu (Şekil 1), kök uzunluğu (Şekil 2), çim yaş ağırlığı (Şekil 3A), çim kuru ağırlığı (Şekil 3B), kök yaş ağırlığı (Şekil 4A) ve kök kuru ağırlığı (Şekil 4B) ölçülmüştür.

Buğday çeşitlerinin kontrol, kurak ve tuz gruplarındaki ortalama çim uzunlukları 2.84 - 15.01 cm arasında değişmiştir. En uzun çim boyunu kontrol grubundaki Demir-2000 göstermiştir (Şekil 1). Her buğday çeşidinde kontrol gruplarının çim boyu stres uygulananlardan daha uzun olmuştur (Şekil 1).

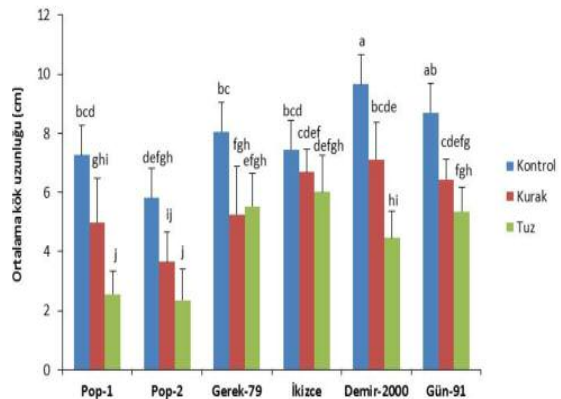


Şekil 1. Kontrol, kuraklık ve tuzluluk koşullarında çimlenen buğdayların ortalama çim uzunluğu. Sonuçlar ortalama değer  $\pm$  SS ( $p < 0.05$ ) olarak gösterilmiştir.

Figure 1. Average shoot length of germinated wheats under control, drought and salt conditions. Results are presented as means  $\pm$  SD.

Çim uzunluğu bakımından kurak ( $2.84 \pm 0.63$  cm) ve tuz ( $4.4 \pm 1.14$  cm) stresinden en çok etkilenen Pop-2 olurken, Gerek-79 tuz stresinden ( $10.61 \pm 1.41$ ), İkizce ise kurak stresinden ( $10.42 \pm 1.38$  cm) en az etkilenen buğday çeşitleri olmuştur (Şekil 1). Gerek-79 ve Demir-2000'in çim uzunluğu, tuzluktan ( $10.61 \pm 1.41$  cm ve  $11.3 \pm 1.86$  cm) daha çok kuraklık stresinden ( $8.2 \pm 1.06$  cm ve  $9.06 \pm 1.32$  cm) etkilenmişlerdir (Şekil 1).

Kök uzunluklarının ortalamaları ve önem grupları Şekil 2.'de verilmiştir. En fazla kök uzunluğu Demir-2000 çeşidinin kontrol grubunda ( $9.67 \pm 1.75$  cm), en az ise Pop-1 ( $2.55 \pm 0.8$  cm) ve Pop-2 ( $2.36 \pm 1.06$  cm)'nin tuz stresi altındaki grubunda görülmüştür (Şekil 2). Bizim bulgularımızla paralellik gösteren çalışmalarda da, kök uzunluğunun tuz stresinden önemli ölçüde etkilendiği bildirilmiştir (Dumlupınar ve ark. 2007; Benlioğlu ve Özkan 2015). İkizce çeşidinin kök uzunluğu, çim uzunluğunda da olduğu gibi diğer buğday çeşitlerine göre kurak ve tuz koşullarından daha az etkilenmiştir (Şekil 2). Çalışmamız genel olarak değerlendirildiğinde, tescilli ekmelekli buğday çeşitleri (Gerek-79, İkizce, Demir-2000 ve Gün-91) kurak ve tuz stresi altında kavuzlu siyez popülasyonlarından (Pop-1 ve Pop-2) daha iyi çim ve kök gelişimi göstermişlerdir (Şekil 1 ve 2). Bitkilerde kuraklık ve tuzluluk toleransının geliştirilmesi, bitki ıslahında ürün verimliliğinin artırılması bakımından oldukça önem arz etmektedir (Turkan and Demiral 2009). Gerek-79, İkizce, Demir-2000 ve Gün-91'in çim ve kök uzunluğu bakımından tuza toleranslı olmaları Orta Anadolu Bölgesi'nde uzun yıllar test edilerek ıslah edilmelerinden ve



Şekil 2. Kontrol, kuraklık ve tuzluluk koşullarında çimlenen buğdayların ortalama kök uzunluğu. Sonuçlar ortalama değer  $\pm$  SS ( $p < 0.05$ ) olarak gösterilmiştir.

Figure 2. Average root length of germinated wheats under control, drought and salt conditions. Results are presented as means  $\pm$  SD ( $p < 0.05$ ).

özellikle Gerek-79'un taşıdığı yerel buğday genetik özelliklerinden kaynaklanıyor olabilir (Zencirci 1998).

Buğday çeşitlerinin ortalama çim yaş ve kuru ağırlıkları karşılaştırıldığında: en yüksek değerlerin sırasıyla Demir-2000 ( $100.58 \pm 18.47$  mg ve  $10.47 \pm 2.36$  mg) ve Gerek-79'un ( $97.42 \pm 10.53$  mg ve  $10.33 \pm 1.43$  mg) kontrol gruplarında, en düşük değerinde Pop-2'nin tuz stresi grubunda ( $11.26 \pm 5.53$  mg ve  $1.32 \pm 0.23$  mg) olduğu görülmüştür (Şekil 3).

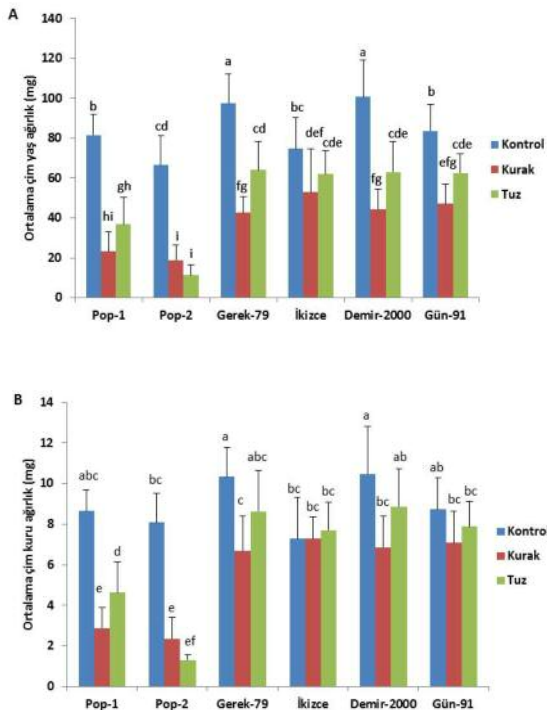
Kurak ve tuzlu ortamlarda çimlenen buğdayların hepsinde çim yaş ağırlıkları, kontrol gruplarına göre azalmıştır (Şekil 3A). Bu sonuçlar kurak ve tuz stresinin yaş ve kuru ağırlıkları azalttığını gösteren önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Karakullukçu ve Adak 2009; Benlioğlu ve Özkan 2015). İkizce çeşidi, çim kuru ağırlığı bakımından kurak ve tuz stresinden etkilenmemiştir (Şekil 3B). Ekmeklik buğday çeşitleri ve Populasyon-1 çim ağırlığı bakımından, tuzluluk stresinden çok kuraklık stresinden etkilenmişlerdir (Şekil 3).

Altı farklı buğdayın ortalama kök yaş ağırlıkları karşılaştırıldığında, en yüksek değer Gün-91'in kontrol grubunda ( $95.3 \pm 15.94$  mg), en düşük

değerinde ise Pop-2'nin tuz grubunda ( $26.01 \pm 7.5$  mg ve  $3.12 \pm 0.85$  mg) tespit edilmiştir (Şekil 4A). Kök kuru ağırlıklarının ortalamaları karşılaştırıldığında ise en yüksek değeri tuz stresi altında çimlenen İkizce ( $10.98 \pm 1.78$  mg) ve Demir-2000 ( $10.21 \pm 1.34$  mg) çeşitleri göstermiştir. En düşük değeri ise yine tuz stresindeki Pop-2 ( $3.12 \pm 0.85$  mg) göstermiştir (Şekil 4B). Bunun sebebi, bu çalışmada kullanılan kavuzlu siyez buğdaylarının tuz birikiminin daha az olduğu beklenen Batı Karadeniz'in dağlık tepelik yörelerinde yetiştirilmesinden kaynaklanıyor olabilir diye değerlendirilmektedir.

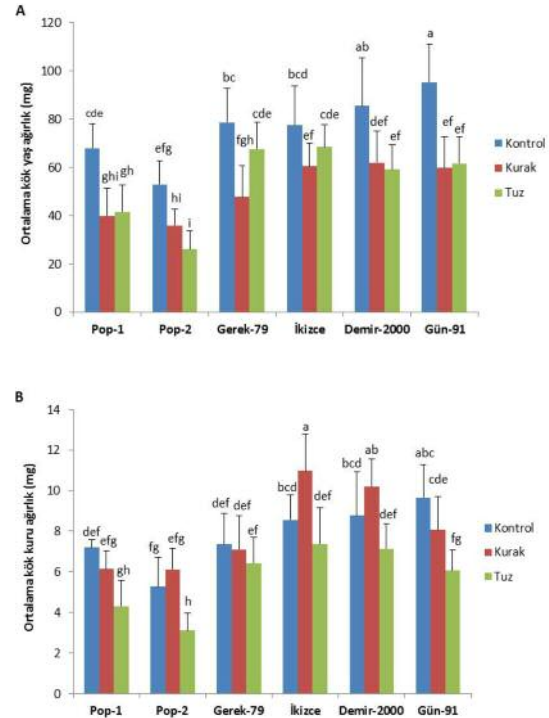
Çim uzunluğu, kök uzunluğu, çim yaş ağırlık, çim kuru ağırlık, kök yaş ve kök kuru ağırlık ile ilgili bulgularımız buğday gelişimini sınırlandıran en önemli etmenlerin kuraklık (Balkan ve Geçtan 2013) ve tuzluluk (Begum et al. 1992) olduğunu bildiren daha önceki çalışmalarla uyum göstermektedir.

Kuraklığa (Balkan ve Gençtan 2013) ve tuza (Begum et al. 1992) toleranslı buğday genotiplerinin belirlenmesinde, tohumlara çimlenme ve erken fide gelişim süresince osmotik basınç ve tuz uygulamalarının, bu çalışmada da uygulandığı gibi hızlı ve etkin bir teknik olduğu bildirilmektedir.



Şekil 3. (A) Ortalama çim yaş ağırlık ve (B) çim kuru ağırlık. Sonuçlar ortalama değer  $\pm$  SS ( $p < 0.05$ ) olarak gösterilmiştir.

Figure 3. (A) Mean fresh weight and (B) dry weight of shoots. Results are presented as means  $\pm$  SD ( $p < 0.05$ ).



Şekil 4. Ortalama kök yaş ağırlık ve (B) kök kuru ağırlık. Sonuçlar ortalama değer  $\pm$  SS ( $p < 0.05$ ) olarak gösterilmiştir.

Figure 4. (A) Mean fresh weight and (B) dry weight of roots. Results are presented as means  $\pm$  SD ( $p < 0.05$ ).

### Antioksidan Aktivite

On günlük farklı stres koşullarında çimlenmiş buğdayların metanol özütlerinin toplam fenolik madde içerikleri 5.71 - 31.23 mg/gr GAE, toplam flavonoit madde içerikleri 17.33 - 84.00 mg/gr KE değişmiştir (Çizelge 1). Yapılan bu çalışmada, tuz stresi altında çimlendirilen Gerek-79, en yüksek toplam fenolik ( $31.23 \pm 1.81$  mg/gr GAE), Demir-2000 de en yüksek flavonoit ( $84.00 \pm 6.01$  mg/gr KE) madde içeriğine ve kuraklık stresi altında çimlenen Demir-2000 en düşük toplam fenol ( $5.12 \pm 0.71$  mg/gr GAE) ve flavonoit ( $16.22 \pm 0.95$  mg/gr KE) madde içeriğine sahip olmuştur (Çizelge 1). Pop-1, Gerek-79 ve Demir-2000'in tuz stresi altında toplam fenolik madde içerikleri artarken, Pop-2, İkizce ve Gün-91'inde azalma tespit edilmiştir (Çizelge 1). Çalışmada kullanılan ekmeklik buğday çeşitleri kuraklık ve tuzluluk stresine farklı tepkiler göstermiştir. Bunun nedeni: çeşitlerin genetik yapısının, orijininin, büyüdüğü abiyotik ve biyotik çevre şartlarının farklılığından kaynaklanıyor olabilir (Karakas and Turker 2013).

Bu çalışmada; 50 mM tuz uygulaması Pop-1, Gerek-79 ve Demir-2000'in toplam fenol içeriğini artırırken, kuraklık uygulaması tüm çeşitlerde toplam fenol içeriğini kontrol gruplarına göre azaltmıştır (Çizelge 1). Toplam flavonoit madde içeriği kuraklık uygulanan Pop-2'de, tuz uygulanan Gerek-79 ve Demir-2000'de artarken, diğer gruplarda düşmüştür (Çizelge 1). Birçok çalışmada kurağa maruz bırakılan bitkilerin, normal sulanan bitkilere göre daha yüksek miktarda sekonder metabolit biriktirdikleri gösterilmiştir (Kleinwachter and Selmar, 2015). Bu çalışmaların aksine, bizim çalışmamızda kuraklık stresi genellikle tüm parametreleri olumsuz etkilemiştir. Bu sonuçlar; tuz ve kurak stresinin fenolik, flavonoit ve antioksidan enzimlerinin biyosentezlerinin indüklenmesinde önemli uyaranlar olduğunu göstermektedir. Polifenol sentezi gibi antioksidan savunma sistemlerinin aktivasyonunu sağlamak için her bitki türünün kendine özel abiyotik koşullara ihtiyaç duyduğunu gösteren benzer çalışmalar da bulunmaktadır (Falk et al. 2007).

Buğdayların DPPH serbest radikalininin %50'sini yok eden  $IC_{50}$  değerleri 13.98-63.03 mg/L arasında değişmiştir (Çizelge 1). DPPH metoduna göre en yüksek serbest radikal giderim aktivitesi en düşük  $IC_{50s}$  ( $13.98 \pm 0.25$  mg/L) değerine sahip olarak, tuz stresi altında

çimlendirilen Demir-2000'de bulunmuştur (Çizelge 1). Bunu takiben yine tuz stresi uygulanan Gerek-79 ( $IC_{50} = 17.67 \pm 0.08$  mg/L) ve İkizce ( $IC_{50} = 18.02 \pm 0.30$  mg/L) çeşitlerinin yüksek oranda antioksidan aktiviteye sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 1). Kuraklık stresi uygulanan tüm buğdaylar, kontrol grubundan daha düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 1). Demir-2000 ve Gerek-79'un tuz stresi altında en yüksek antioksidan aktiviteyi göstermesi, içerdikleri yüksek fenol ve/veya flavonoit madde miktarından kaynaklanıyor olabilir. Tuz stresi altında çimlenen Gerek-79'un fenolik bileşenler bakımından, Demir-2000'in de flavonoit bileşenler bakımından oldukça zengin oldukları görülmüştür. Yapılan daha önceki çalışmalarda da, yüksek antioksidan potansiyeline sahip olan bitki özütlerinin serbest radikalleri yok etme kabiliyetlerinin içerdikleri fenolik ve flavonoit madde miktarlarıyla ilişkili olduğu bulunmuştur (Tepe et al. 2011). İncelenen buğday çeşitlerinden Demir-2000'in en yüksek çim uzunluğu, kök uzunluğu, çim yaş ağırlığı, çim kuru ağırlığı ve DPPH serbest radikalini giderici etkiye sahip olması, çimlenme parametreleri ile antioksidan aktiviteler arasında pozitif bir ilişkinin olabileceğini düşündürmektedir. Bu konuda; daha detaylı çalışmaların yapılması konunun yeterince anlaşılabilmesi açısından yararlı olabilecektir.

### Sonuç

Bu çalışmanın sonuçları; 2 kavuzlu siyez buğday popülasyonu ve 4 tescilli ekmeklik buğday çeşidinin erken fide gelişimi dönemindeki büyüme parametrelerinin ve antioksidan aktivitelerinin, kuraklık ve tuzluluk stresinden etkilendiği hipotezini desteklemektedir. Tuz stresi altında çimlendirilen Demir-2000 ve Gerek-79 içerdikleri yüksek flavonoit ve fenolik madde miktarlarıyla, antioksidan savunma mekanizmalarını en çok aktive eden ve böylelikle tuza toleranslarını sekonder metabolit üretimiyle arttıran buğday çeşitleri olmuşlardır. Pop-2 ise kurak ve tuz stresinden en çok etkilenen buğday çeşidi olmuştur. Genel olarak, tescilli ekmeklik buğday çeşitleri (Gerek-79, İkizce, Demir-2000 ve Gün-91) kuraklık ve tuzluluğa, gösterdikleri erken fide gelişim parametreleri ve antioksidan aktiviteleri bakımından kavuzlu siyez buğday çeşitlerinden (Pop-1 ve Pop-2) daha toleranslıdır.

Çizelge 1. Kavuzlu ve tescilli buğday popülasyon ve çeşitlerinin toplam fenol içeriği, toplam flavonoid içeriği ve DPPH serbest radikalının % 50'sini yok eden değer (IC<sub>50</sub>)

Table 1. Total phenolic content, total flavonoid content and the amount of hulled and registered wheat samples necessary to decrease the absorbance of DPPH in 50% (IC<sub>50</sub>)

Buğdaylar	Uygulamalar	Toplam Fenol İçeriği <sup>x</sup>	Toplam Flavonoid İçeriği <sup>y</sup>	IC <sub>50</sub> mg/L
Pop-1	Kontrol	18.68 ± 2.63 <sup>de</sup>	47.14 ± 1.95 <sup>c</sup>	39.78 ± 1.27 <sup>j</sup>
	Kurak	17.26 ± 2.88 <sup>ef</sup>	38.44 ± 1.92 <sup>e</sup>	63.03 ± 0.24 <sup>m</sup>
	Tuz	27.14 ± 1.88 <sup>b</sup>	39.00 ± 1.67 <sup>e</sup>	26.26 ± 0.14 <sup>e</sup>
Pop-2	Kontrol	26.42 ± 0.71 <sup>b</sup>	30.11 ± 3.47 <sup>gh</sup>	38.61 ± 0.22 <sup>i</sup>
	Kurak	23.57 ± 0.71 <sup>bc</sup>	44.92 ± 2.31 <sup>cd</sup>	46.88 ± 0.22 <sup>i</sup>
	Tuz	21.66 ± 0.54 <sup>cd</sup>	29.74 ± 3.89 <sup>h</sup>	31.02 ± 0.29 <sup>f</sup>
Gerek-79	Kontrol	13.21 ± 2.92 <sup>g</sup>	26.77 ± 0.95 <sup>i</sup>	26.16 ± 0.22 <sup>e</sup>
	Kurak	5.71 ± 0.71 <sup>i</sup>	17.88 ± 0.96 <sup>j</sup>	34.52 ± 0.10 <sup>g</sup>
	Tuz	31.23 ± 1.81 <sup>a</sup>	47.89 ± 5.35 <sup>c</sup>	17.67 ± 0.08 <sup>b</sup>
İkizce	Kontrol	20.23 ± 2.15 <sup>cde</sup>	48.44 ± 3.46 <sup>c</sup>	21.68 ± 0.03 <sup>c</sup>
	Kurak	14.64 ± 2.14 <sup>fg</sup>	32.70 ± 1.15 <sup>g</sup>	36.36 ± 0.10 <sup>h</sup>
	Tuz	15.00 ± 2.69 <sup>fg</sup>	42.33 ± 3.64 <sup>de</sup>	18.02 ± 0.31 <sup>b</sup>
Demir-2000	Kontrol	7.38 ± 0.54 <sup>h</sup>	17.33 ± 1.66 <sup>j</sup>	22.78 ± 0.03 <sup>cd</sup>
	Kurak	5.12 ± 0.20 <sup>ij</sup>	16.22 ± 0.95 <sup>jk</sup>	23.63 ± 0.19 <sup>d</sup>
	Tuz	23.45 ± 1.60 <sup>bc</sup>	84.00 ± 6.01 <sup>a</sup>	13.98 ± 0.25 <sup>a</sup>
Gün-91	Kontrol	20.59 ± 1.43 <sup>cde</sup>	64.37 ± 2.79 <sup>b</sup>	32.97 ± 0.17 <sup>fg</sup>
	Kurak	5.71 ± 0.94 <sup>i</sup>	36.41 ± 5.16 <sup>ef</sup>	41.16 ± 0.17 <sup>k</sup>
	Tuz	18.92 ± 0.71 <sup>de</sup>	67.51 ± 4.31 <sup>b</sup>	19.12 ± 0.04 <sup>bc</sup>

Sonuçlar ortalama (n=3) ± SS (standart sapma) olarak verilmiştir. Aynı sütundaki farklı küçük harflerle gösterilen ortalama değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

<sup>x</sup>Gallik asit eşdeğer (GAE), <sup>y</sup> Quercetin eşdeğer (QE)

Results are presented as means (n=3) ± SD (p < 0.05). Mean values followed by different superscript letters in a column are significantly different (p < 0.05).

<sup>x</sup>Galic acid equivalents (GAE), <sup>y</sup> Quercetin equivalents (QE)

## Teşekkür

Deneylerin yapılmasında emeği geçen Bihter Gökçe Bozat ve Didem Aslan'a teşekkür ederim.

## Kaynaklar

Abdel-Aal E.S.M. and Rabalski I., 2008. Bioactive compounds and their antioxidant capacity in selected primitive and modern wheat species. Open Agriculture Journal. 2:7-14

Abdoli M. and Saeidi, M., 2012. Effects of water deficiency stress during seed growth on yield and its components, germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4(15):1110-1118

Akgül H., 2003. Tuzluluk. Eğiridir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Ziraat Mühendisliği Dergisi. Sayı 340, Ankara.

Andersson A.A.M., Andersson R., Piironen V., Lampi A.M., Nystrom L., Boros D., Fras A., Gebruers K., Courtin C.M., Delcour J.A.,

Rakszegi M., Bedo Z., Ward J.L., Shewry P.R. and Aman P., 2013. Contents of dietary fibre components and their relation to associated bioactive components in whole grain wheat samples from the healthgrain diversity screen. Food Chemistry. 136:1243-1248

Babbar N., Oberoi H.S., Uppal D.S. and Patil R.T., 2011. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. Food Research International. 44:391-396

Balkan A., ve Gençtan T., 2013. Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) osmotik stresin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 10:44-52

Begum F., Karmoker J.L., Fattah Q.A. and Maniruzzaman AFM., 1992. The effect of salinity and its correlation with K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> accumulation in germinating seeds of *Triticum aestivum* L. cv. Akbar. Plant Cell Physiology 33:1009-1114



- Benlioğlu B., ve Özkan U., 2015. Bazı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) çimlenme dönemlerinde farklı dozlardak tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 24(2):109-114
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E. and Berset C.L.W.T., 1995. Use of a free-radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology 28(1):25-30
- Chang C.C., Yang M.H., Wen H.M. and Chern J.C., 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Analysis. 10:178-182
- Chaudhary, M.T., Merrett, M.J. and Wainwright, S.J.,1997. Growth, ion content and proline accumulation in NaCl-selected and non-selected cell lines of lucerne cultured on sodium and potassium salts. Plant Science. 127:71-79
- Datta J. K., Banerjee A. and Mondal N. K., 2009. Impact of salt stress on five varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under laboratory condition Journal of Applied Sciences and Environmental Management 13(3):93-97
- Dewanto V., Wu X.Z., Adom K.K. and Liu R.H., 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. Journal of Agricultural Food Chemistry. 50:3010-3014
- Dumlupınar Z., Kara R., Dokuyucu T. ve Akkaya A., 2007. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen bazı makarnalık buğday genotiplerinin çimlenme ve fide karakterlerine elektrik akımı ve tuz konsantrasyonlarının etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 10(2):100-110
- Eker S., Cömertpay G., Konuşkan Ö., Ülger A.C., Öztürk L. and Çakmak İ., 2006. Effect of salinity stress on dry matter production and ion accumulation in hybrid maize varieties. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. (30):365-373
- Falk K.L., Tokuhisa J.G. and Gershenzon J., 2007. The effect of sulfur nutrition on plant glucosinolate content: physiology and molecular mechanisms. Plant Biology. 9:573-581
- Geerts S., Raes D., Garcia M., Vacher J., Mamani R., Mendoza J., Huanca R., Morales B., Miranda R., Cusicanqui J. and Taboada C., 2008. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). European Journal of Agronomy. 28:427-436
- Giambanelli E., Ferioli F., Kocaoglu B., Jorjadze M., Alexieva I., Darbinyan N. and D'Antuono L.F., 2013. A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia. Journal of the Science of Food and Agriculture. 93:3490-3501
- Heun M., Schafer-Pregl R., Klawan D., Castagna R., Accerbi, M., Borghi B. and Salamini F., 1997. Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. Science. 278:1312-1314
- Hidalgo A., Brandolini, A., Pompei, C. and Piscozzi, R., 2006. Carotenoids and tocopherols of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum* L.). Journal of Cereal Science. 44:182-193
- Huang T., Xu M., Lee A., Cho S. and Qi L., 2015. Consumption of whole grains and cereal fiber and total and cause-specific mortality: prospective analysis of 367,442 individuals. BMC Medicine, 13:59
- Kalefetoğlu T. and Ekmekçi Y., 2005. The effect of drought on plants and tolerance mechanisms. Gazi University Journal of Science. 18 (4):723- 740
- Karagoz A., and Zencirci N., 2005. Variation in wheat (*Triticum* spp.) landraces from different altitudes of three regions of Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution. 52:775-785
- Karakas F.P. and Turker A.U., 2013. An efficient *in vitro* regeneration system for *Bellis perennis* L. and comparison of phenolic contents of field-grown and *in vitro*-grown leaves by LC-MS/MS. Industrial Crops. and Products. 48:162-170
- Karakullukçu E. ve Adak M.S., 2008. Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin tuza toleranslarının belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 14(4):313-319
- Keles Y. and Oncel I., 2002. Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings. Plant Sci. Lett. 163:783-790
- Khakwani A.A., Dennett M.D. and Munir M., 2011. Drought tolerance screening of wheat varieties by inducing water stress conditions Songklanakarın. Journal of Science and Technology. 33(2):135-142
- Kleinwachter M. and Selmar D., 2015. New insights explain that drought stress enhances the quality of spice and medicinal plants: potential applications. Agronomy for Sustainable Development. 35:121-131
- McMaster G.S. and Wilhelm W.W., 2003. Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: improving simulation models. Journal of Agricultural Science. 141:129-147

- Mahajan S. and Tuteja N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics. 444:139-158
- Majid S.A., Asghar R. and Murtaza, G., 2007. Potassium-calcium interrelationship linked to drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany. 39:1609-1621
- Narouni Rad M.R., Abdul Kadir M., Rafii M.Y., Jaafar H.Z. and Naghavi M.R., 2012. Bulked segregant analysis for relative water content to detect quantitative trait loci in wheat under drought stress. Genetic and Molecular Research: GMR 11(4):3882-3888
- Öztürk A., 1990. Kuraklığın kışık buğdayın gelişmesi ve verimine etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 23(1999):531-540
- Pirgozliev V., Rose S.P., Pellny T., Amerah A.M., Wickramasinghe M., Ulker M., Rakszegi M., Bedo Z., Shewry P.R. and Lovegrove A., 2015. Energy utilization and growth performance of chickens fed novel wheat inbred lines selected for different pentosan levels with and without xylanase supplementation. Poultry Science. 94:232-239
- Radi A.A., Farghaly F.A. and Hamada A.F., 2013. Physiological and biochemical responses of salt-tolerant and salt-sensitive wheat and bean cultivars to salinity. Journal of Biology and Earth Sciences. 3(1 ):72-88
- Salamini F., Ozkan H., Brandolini A., Schafer-Pregl R. and Martin W., 2002. Genetics and geography of wild cereal domestication in the near east. Nature Reviews Genetics. 3:429-441
- Serpen A., Gokmen V., Karagoz A. and Koksel H., 2008. Phytochemical quantification and total antioxidant capacities of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and einkorn (*Triticum monococcum* L.) wheat landraces. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 56:7285-7292
- Tepe B., Sarikurkcu C., Berk S., Alim A. and Akpulat H.A., 2011. Chemical composition, radical scavenging and antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus boveii* and *Thymus hyemalis*. Records of Natural Products. 5:208-220
- Turkan I. and Demiral T., 2009. Recent developments in understanding salinity tolerance. Environmental and Experimental Botany. 67:2-9
- Vida G., Szunics L., Veisz O., Bedo Z., Lang L., Arendas T., Bonis P. and Rakszegi M., 2014. Effect of genotypic, meteorological and agronomic factors on the gluten index of winter durum wheat. Euphytica. 197:61-71
- Visioli F., Borsani L., Galli C., 2000. Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. Cardiovascular Research. 47:419-425
- Yıldız M. ve Terzi H., 2007. Bitkilerin yüksek sıcaklık stresine toleransının hücre canlılığı ve fotosentetik pigmentasyon testleri ile belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 23 (1-2):47-60
- Yılmaz E., Levent T. A. ve Bürün B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. C.B.U. Journal of Science. 7:47-66
- Zencirci N., 1998. Genetic relationships of Turkish bread wheat cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 99:333-34