



Arpa Çeşitlerinin Çimlenme Döneminde Ozmotik Stres Toleransının Belirlenmesi^A

Kübra ÖZDEMİR DİRİK^{1*} Mazlum ERDEM² İbrahim SAYGILI³

Öz: Ozmotik stres çimlenme döneminde kuraklık stresini stimüle ederek kuraklık toleransının ölçümünü sağlamaktadır. Bu araştırma ozmotik stres altında arpa çeşitlerinin çimlenme dönemindeki kuraklığa toleransının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada 13'ü altı sıralı ve 23'ü iki sıralı olmak üzere 36 arpa çeşidi kullanılmıştır. Ozmotik stres polietilen glikol 6000 kullanılarak -3 bar ve -6 bar osmotik stres uygulanmış, stresin olmadığı uygulamada (kontrol) saf su kullanılmıştır. Araştırmanın yedinci gününde çimlenme oranı, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu belirlenmiştir. Çeşitlerin çimlenme oranları kontrole göre -3 bar osmotik strete %5.7, -6 bar osmotik strete ise %52.3 oranında önemli bir şekilde azalmıştır. Çeşitlerin kök uzunlukları -3 bar osmotik strete %14.4 artarken, -6 bar osmotik strete %56.1 azalmış, sürgün uzunlukları -3 bar osmotik strete %15.5 ve -6 bar osmotik strete %86.2 oranında azalmıştır. Genel ortalamada Kendal, Hasat, Dara, Yüksel, Etincel ve Epona çeşitlerinde en yüksek, Steptoe çeşidin de ise en düşük çimlenme oranı belirlenmiştir. Kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu değerlerine göre Kral 97, Barış, Çetin 2000, Tarm 92, Sabribey ve Hasat çeşitlerinin osmotik strese daha toleranslı olduğu söylenebilir. Çeşitlerin kuraklık tolerans indeksleri incelenen üç özellikte de -6 bar osmotik strete -3 bar osmotik strese göre azalmıştır. -6 bar osmotik strete, en yüksek kuraklık tolerans indeksi, çimlenme oranında Kendal ve Dara (%86.7) çeşitlerinden, kök uzunluğunda Hasat

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma 29 Eylül-2 Ekim 2022 tarihlerinde düzenlenen "II. Uluslararası (14. Ulusal) Tarla Bitkileri" kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özeti kongre kitabında basılmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Kübra ÖZDEMİR DİRİK, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye, kubra.ozdemir@gop.edu.tr, [OrcID 0000-0002-6901-561X](https://orcid.org/0000-0002-6901-561X)

² Mazlum ERDEM, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye, mzlmrdem@gmail.com, [OrcID 0000-0003-1568-1016](https://orcid.org/0000-0003-1568-1016)

³ İbrahim SAYGILI, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye, ibrahim.saygili@gop.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0449-4872](https://orcid.org/0000-0003-0449-4872)

(%98.1) çeşidinden, sürgün uzunluğunda Epona (%62.9) çeşidinden elde edilmiştir. Çimlenme döneminde kuraklık stresinin etkili olduğu bölgelerde, osmotik stres toleransı iyi olan çeşitlerin tarla denemelerine dahil edilmesi arpa üretimine katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: *Hordeum vulgare*, Kök uzunluğu, Kuraklık Toleransı PEG, Sürgün uzunluğu.

Evaluation of Osmotic Stress Tolerance of Barley Cultivars during Germination

Abstract: Osmotic stress stimulates drought stress during germination and provides a measure of drought tolerance. This study was performed to determine the drought tolerance of barley cultivars under osmotic stress during germination. Thirty-six barley cultivars, 13 six-row and 23 two-row, were used. Osmotic stress was applied at -3 bar and -6 bar using polyethylene glycol 6000 and pure water was used in the non-stress treatment (control). Germination rate, root length and shoot length were determined on the seventh day of the experiment. Germination rates of the cultivars decreased by 5.7% at -3 bar osmotic stress and 52.3% at -6 bar osmotic stress compared to the control. Root length of the cultivars increased by 14.4% at -3 bar osmotic stress, decreased by 56.1% at -6 bar osmotic stress, and shoot length decreased by 15.5% at -3 bar osmotic stress and 86.2% at -6 bar osmotic stress. In the general average, the highest germination ratio was determined in cultivars Kendal, Hasat, Dara, Yüksel, Etincel and Epona and the lowest germination ratio was determined in Steptoe. According to root length and shoot length values, it can be stated that cultivars Kral 97, Barış, Çetin 2000, Tarm 92, Sabribey and Hasat are more tolerant to osmotic stress. Drought tolerance indexes of the cultivars decreased at -6 bar osmotic stress compared to -3 bar osmotic stress in all three traits examined. At -6 bar osmotic stress, the highest drought tolerance index was obtained from Kendal and Dara (86.7%) in germination rate, Hasat (98.1%) in root length and Epona (62.9%) in shoot length. In regions where drought stress is occurring during the germination period, inclusion of cultivars with better osmotic stress tolerance to field trials in these regions may contribute to barley production.

Keywords: Drought tolerance, *Hordeum vulgare*, PEG, Root length, Shoot length.

Giriş

Arpa kuru tarım alanlarında yaygın olarak yetiştirilen önemli bir kültür bitkisidir. Arpa hayvan beslenmesinde, malt sanayisinde ve düşük miktarlarda gıda olarak kullanılmaktadır (Sarı ve İmamoğlu, 2009). Artan dünya nüfusunun gıda ihtiyaçlarının karşılanması için birim alanda yüksek verim elde etme çabaları, yeterli olmayan tatlı su kaynaklarının kullanılması doğal dengenin bozulmasıyla sonuçlanmaktadır. Bunun yanında yanlış tarım uygulamaları ve abiyotik stres faktörleri tarımsal üretimi sınırlandırmaktadır. Bu yüzden birim alan verimini artırmak için stres faktörlerine dayanıklı çeşitler geliştirmek ve kullanmak zorunlu hale gelmiştir.

Tarımsal üretimi sınırlandıran en önemli faktörlerin başında abiyotik stres faktörlerinden kuraklık gelmektedir. Kuraklık stresi bitki metabolizmasının ve hücre yapısının bozulmasına ve sonunda biyokimyasal reaksiyonların durmasına neden olabilecek düzeyde su kaybı olarak tanımlanabilir. Bitkinin vejetatif dokularında %70'in üzerindeki su kaybı bitkinin ölümüyle sonuçlanır (Smirnoff, 1993). Farklı bitki gelişim dönemindeki kuraklık, tarımsal üretimde önemli ürün kaybına neden olmaktadır (Kutlu, 2010). Arpada vejetasyonun başlangıcında çimlenme döneminde meydana gelen kuraklık büyük çoğunlukla verim kaybı ile sonuçlanmaktadır (Rauf ve ark., 2007). Bu yüzden tarımsal üretimin ilk gelişme aşaması olan çimlenme döneminde kuraklık toleransı diğer dönemlere göre daha fazla dikkat edilmesi gereken bir karakter olabilir.

Bitkilerin başaklanma dönemi kuraklık toleransını ölçmek için yağmur korunağı, kardeşlenme döneminde saksılarda düzenli su eksikliği ve erken dönemde ise ozmotik stres sağlayan kimyasallar kullanılmaktadır. Polietilen glikol (PEG) çimlenme döneminde kuraklık stresinin etkilerini ölçmede kullanılan önemli bir polimerdir (Türkan ve ark., 2005; Landjeva ve ark., 2008). PEG'in molekül ağırlığının 3000'den fazla olduğu ve hücre duvarından geçemediği bildirilmiştir (Rubinstein, 1982). Bazı buğday çeşitlerinin çimlenme ve genç fide dönemindeki su stresine karşı göstermiş oldukları gelişmeleri test etmede kullanılan PEG, osmotik basınç ortamları için başarılı bir şekilde kullanılabilceği bildirilmiştir (Dolgun ve Aydoğan Çifci, 2018; Özdemir Dirik ve ark., 2018; Özkurt ve ark., 2019). Su yetersizliği sonucunda, çimlenme oranında, sürgün gelişimi ve fide gelişiminde gerilemeler meydana gelmektedir (Macar, 2008). Farklı osmotik basınç ortamlarının bazı buğday çeşitlerinde çimlenme oranını, kök uzunluğunu, plumula uzunluğunu, koleoptil uzunluğunu, toprak üstü yaş ve kuru ağırlığını önemli bir şekilde azalttığından dolayı bitkinin büyüme ve gelişmesini yavaşlattığı bildirilmiştir (Veselov ve ark., 2002; Balkan ve Gençtan, 2013). Bu şartlar altında büyüme ve gelişmede daha az gerileme gösteren ya da hiç göstermeyen genotiplerin kuraklık toleransının daha iyi olması beklenmektedir.

Çimlenme döneminde kuraklık toleransını ölçmek için osmotik stresin değişen dozları PEG ile başarılı şekilde oluşturulmuştur. Makarnalık buğday çeşitlerine 4 farklı kuraklık stresi (0, -2.5, -5.0, -7.5 ve -10.0 bar) ortamı uygulanan çalışmada -5.0 bar kuraklık stresi seviyesinden sonra çimlenme oranında, kök uzunluğunda, fide uzunluğunda, kök yaş ve kuru ağırlığında, fide yaş ve kuru ağırlığında önemli derecede azalma görülmüş, -7.5 bar ve -10.0 bar osmotik stres seviyesinde çeşitlerde fide gelişimi görülmediği saptanmıştır (Dolgun ve Aydoğan Çifci, 2018). Artan PEG yoğunluğunun çimlenmeyi büyük çapta engellediği, kuraklık stresini belirgin olarak ortaya çıkardığı, fidelerin yapraklarında hızlı bir durgunluğa ve küçülmeye sebep olduğu vurgulanmıştır (Karahana, 1996). Yonca çeşitleri ile üç farklı PEG ortamı (kontrol, -3 bar, -6 bar) uygulanan bir çalışmada artan PEG dozlarının çimlenme yüzdesini, kök uzunluğunu ve çimlenme hızını azalttığı bildirilmiştir (Özkurt ve ark., 2019). Bu araştırmaların sonuçları -3 bar ve -6 bar osmotik stresin çimlenme dönemindeki kuraklığa toleransının belirlenmesi için daha uygun olduğunu göstermektedir.

Kuraklık toleransı abiyotik streslerle başa çıkmanın en ucuz ve pratik yoludur. Ancak tescilli arpa çeşitlerinde kuraklık toleransı bakımından oldukça değişen varyasyonlar vardır. Kuraklık toleransı yüksek çeşitlerin kullanılması için ilgili gelişme döneminde bu çeşitlerin kuraklık toleransına tepkisinin bilinmesini gerektirmektedir. Bu araştırmanın amacı üretimde kullanılan arpa çeşitlerinin osmotik stres altında çimlenme dönemindeki kuraklığa toleransının belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan 13 adet altı sıralı 23 adet iki sıralı arpa çeşitleri ve geliştirildikleri/temin edildikleri kurum veya kuruluşlar Çizelge 1’de verilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Arpa çeşitleri ve temin edildikleri kuruluşlar

Çeşit	Başak Durumu	Temin/Tescil Edildiği Yerler
Anka 06	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Arta	2 sıralı	Suriye
Asil	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Ayrancı	2 sıralı	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Arş. Ens. Müd.
Barış	2 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Bozlak	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Burakbey	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Cacabey	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Harrington	2 sıralı	Kanada
Hasat	2 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Heysel	2 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Keykubad	2 sıralı	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Arş. Ens. Müd.
Misket	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Ocak	2 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Pınar	2 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Sabribey	2 sıralı	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Ens. Müd.
Tadmor	2 sıralı	Suriye
Samyeli	2 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Tarm 92	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Tokak 157/37	2 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Ünver	2 sıralı	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Ens. Müd.
Yaba	2 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Yüksel	2 sıralı	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Ens. Müd.
Altıkat	6 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Çetin 2000	6 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Dara	6 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Epona	6 sıralı	Alfa Tohum
Etincel	6 sıralı	Yıldız Bit. Ürü. Toh. ve Tar. San. A.Ş.
Hazar	6 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Helke	6 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.
Kendal	6 sıralı	GAP U.A. Tar. Arş. ve Eğt. Mrkz. Müd.
Kral 97	6 sıralı	Tarla Bitk. Merkez Arş. Ens. Müd.
Lord	6 sıralı	Tareks Tar. Ür. Araç Gereç İthalat İhracat ve Ticaret A.Ş.
Scarpia	6 sıralı	Yıldız Bit. Ürü. Toh. ve Tar. San. A.Ş.
StepToe	6 sıralı	ABD
Yaprak	6 sıralı	Trakya Tar. Arş. Ens. Müd.

Araştırmada kullanılan çeşitlerin tohumları temin edildikten sonra Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi deneme tarlalarında 2021-2022 sezonunda üretilmiştir. Çimlendirme öncesi yüzey sterilizasyonu için tohumlar öncelikle saf su ile yıkanmış ve %1’lik sodyum ve birkaç damla Tween-20 içeren çözeltide 10 dakika karıştırılmış ve 3 kez steril saf su ile durulanmıştır. Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar kurutma kağıdında kurutulmuştur. İki adet filtre kağıdı bulunan 9 cm çapındaki her bir petri

kabına 25 adet tohum yerleştirilmiştir. Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine üç tekerrürlü yürütülmüştür. Her bir petri kabı bir tekerrürü oluşturmuştur. Kontrol uygulaması için steril saf su ve kuraklık stresi uygulamak için -3 bar ve -6 bar osmotik stres kullanılmıştır. -3 bar osmotik stres için 151.3 g l^{-1} ve -6 bar osmotik stres için 223.6 g l^{-1} polietilen glikol 6000 (PEG) kullanılmıştır (Michel ve Kaufmann 1973; Villela ve ark., 1991). Petri kaplarına kontrol uygulaması için 4 ml saf su, osmotik stres uygulamaları için ilgili PEG solüsyonundan 4 ml eklenmiştir. Petri kapları buharlaşmayı önlemek amacıyla parafilm ile sarılmıştır. Petri kapları bitki büyüme kabinde $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de bekletilmiştir.

Uygulamanın 7. gününde tohumlar sayılmış ve 2 mm radikula çıkaranlar çimlenmiş kabul edilmiştir (Özdemir Dirik ve ark., 2020). Çalışmada 7. gün sonunda çimlenme oranı, rastgele seçilen 10 fidenin kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu belirlenmiştir (Öztürk ve ark., 2016). Çeşitlerin çimlenme oranları, kök uzunlukları ve sürgün uzunlukları dikkate alınarak -3 bar ve -6 bar osmotik stres ve kontrol uygulamasından elde edilen veriler bütün çeşitler için aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve çeşitlerin kuraklık tolerans indeksleri belirlenmiştir (Kachare ve ark., 2016).

$$\text{Kuraklık tolerans indeksi (\%)} = [(\text{Stres uygulaması} / \text{Kontrol uygulaması})] \times 100$$

Elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine göre JUMP istatistik paket programı kullanılarak uygulamalar ayrı şekilde varyans analizine tabi tutulmuştur. Çimlenme oranı değerleri açılı transformasyonuna tabi tutularak istatistik analiz edilmiş, tabloda orijinal değerler verilmiştir (Özdemir Dirik ve ark., 2022). Varyans analizi sonucu önemli bulunan ortalamalar ($p \leq 0.05$) Tukey Testi'ne göre karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çimlenme oranı

Çimlenme oranları bakımından çeşitler ve osmotik stres uygulamaları arasındaki farklılıklar $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Çeşitlerin ortalama çimlenme oranları; PEG'in uygulanmadığı kontrolde %96.5, -3 bar PEG uygulamasında %91.0, -6 bar PEG uygulamasında ise %46.0 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde -3 bar PEG uygulaması kontrol uygulamasına kıyasla çimlenme oranında yaklaşık %5.7'lik bir azalmaya sebep olurken, -6 bar PEG uygulaması çimlenme oranını yaklaşık %52.3 oranında düşürmüştür. PEG'in -6 bar uygulamasında, en yüksek çimlenme oranı Dara, Kendal, Hasat ve Epona çeşitlerinden elde edilirken en düşük oran Harrington, Steptoe ve Pınar çeşitlerinden elde edilmiştir. En yüksek çimlenme oranları %95.6 ile Kendal çeşidinden, en düşük değer ise %36.4 ile Steptoe çeşidinden elde edilmiştir. Artan PEG konsantrasyonu çeşitlerin çimlenme oranını olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir (Balkan ve Gençtan, 2013). Suyun toprakta az bulunduğu ya da bir diğer ifadeyle bu araştırmadaki gibi osmotik basıncın yüksek olduğu durumlarda yüksek oranda çimlenme, kurak şartlarda iyi bir fide gelişmesi için büyük önem taşır (Dolgun ve Aydoğan Çifci, 2018). Kendal ve Dara çeşitlerinin kontrol ve -6 bar PEG uygulamasında çimlenme oranları arasındaki fark oldukça düşüktür. Bu çeşitlerin osmotik stresten daha az etkilendiğini ve bu yüzden

erken dönemde kuraklık toleranslarının oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Çalışmada -3 bar PEG uygulamasında Barış çeşidinin kontrole göre daha yüksek çimlendiği, çoğu çeşidin de kontrole benzer çimlendiği belirlenmiştir (Çizelge 2). Kısa süreli PEG uygulama çimlenmeyi geliştirmek amacıyla (priming) kullanılan bir yoldur. Amini ve ark. (2013) değişen ozmotik basınçlarda (0, -7, -10 ve -14 MPa) beklettikleri arpa tohumlarında, -3 MPa PEG uygulamanın kontrole göre çimlenme oranını geliştirdiğini bildirmişlerdir. -3 bar basınç altında bu araştırmadaki bazı çeşitlerin çimlenme oranının yüksek olmasının sebebi PEG'in çimlenmeyi geliştirmesi olabilir. Benzer şekilde Öztürk ve ark. (2018) düşük miktarlarda PEG uygulamasının çimlenmeyi teşvik ettiği bildirmişlerdir. Abdel-Ghani ve ark. (2015) %15 PEG (yaklaşık -3 bar)'in çeşide bağlı olarak çimlenme oranını artırdığını ya da azalttığını bildirmişlerdir. Öte yandan Khafagy ve ark. (2017) %15 peg uygulamasının arpada çimlenme oranı etkilemediğini belirlemişlerdir. Bu araştırmaların sonuçları PEG uygulaması ile çimlenme oranının gelişmesi büyük ölçüde genotipe bağlı olduğunu göstermektedir. Bu yüzden osmotik stres vasıtasıyla çimlenme oranı ile kuraklık toleransının değerlendirilmesi için -6 bar basınç daha uygun olabilir. Benzer sonuçları belirleyen Bilgili ve ark. (2019) -0.6 MPa (-6 bar) ozmotik basınç altında daha iyi çimlenme oranı belirlediği çeşidin kuraklık toleranslarının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Altı sıralı çeşitlerin kontrolde ve diğer PEG uygulamalarında çimlenme oranları daha yüksektir (Çizelge 2). Altı sıralı çeşitlerin taneleri genel olarak iki sıralı çeşitlerden daha küçük olduğundan dolayı (Özdemir Dirik ve ark., 2022), çimlenme için ihtiyaç duydukları suyun miktarı daha azdır. Bu yüzden düşük osmotik basınç şartlarında daha yüksek çimlenme oranı belirlenmiş olabilir.

Çizelge 2. Arpa çeşitlerinin osmotik stres altındaki çimlenme oranları

Çeşitler	Çimlenme oranı (%)			
	Kontrol	-3 bar	-6 bar	Ort.
İki sıralı çeşitler				
Anka 06	98.7 ^{ab**}	70.7 ^{cd**}	41.0 ^{f:j**}	70.2 ^{l-o**}
Arta	97.3 ^{a-d}	80.0 ^{a-d}	15.0 ^{lmn}	64.0 ^{op}
Asil	84.0 ^g	73.3 ^{bcd}	64.0 ^{c-f}	73.8 ^{nop}
Ayrancı	92.0 ^{c-f}	84.0 ^{a-d}	63.0 ^{c-f}	79.6 ^{t-n}
Barış	94.7 ^{b-f}	100.0 ^a	59.0 ^{d-g}	84.4 ^{d-1}
Bozlak	97.3 ^{a-d}	100.0 ^a	65.0 ^{b-e}	87.6 ^{b-g}
Burakbey	97.3 ^{a-d}	98.7 ^a	48.0 ^{p-t}	81.3 ^{e-j}
Cacabey	85.3 ^{fg}	90.7 ^{abc}	47.0 ^{p-u}	74.2 ^{l-o}
Harrington	97.3 ^{abc}	86.7 ^{a-d}	2.7 ^p	62.2 ^p
Hasat	100.0 ^a	98.7 ^a	84.0 ^{ab}	94.2 ^{ab}
Hevsel	88.0 ^{efg}	82.7 ^{abc}	59.0 ^{d-g}	76.4 ^{g-k}
Keykubad	94.7 ^{b-f}	93.3 ^{b-g}	51.0 ^{d-h}	79.6 ^{t-n}
Misket	94.7 ^{b-f}	81.3 ^{abc}	57.0 ^{d-g}	77.8 ^{j-n}
Ocak	92.0 ^{d-g}	92.0 ^{abc}	57.0 ^{n-r}	80.4 ^{t-n}
Pınar	97.3 ^{abc}	98.7 ^a	6.7 ^{nop}	67.6 ^{m-p}
Sabribey	90.7 ^{c-f}	96.0 ^{abc}	27.0 ^{i-m}	71.1 ^{k-o}
Samyeli	97.3 ^{a-d}	90.7 ^{abc}	51.0 ^{d-h}	79.6 ^{t-m}
Tadmor	100.0 ^a	97.3 ^{ab}	24.0 ^{j-m}	73.8 ^{h-l}

Çizelge 2. (Devamı)

Tarm 92	96.0 ^{b-e}	92.0 ^{abc}	53.0 ^{d-h}	80.4 ^{h-l}
Tokak 157/37	100.0 ^a	98.7 ^a	16.0 ^{mno}	71.6 ^{j-n}
Ünver	100.0 ^a	100.0 ^a	21.0 ^{j-m}	73.8 ^{g-k}
Yaba	100.0 ^a	98.7 ^a	32.0 ^{h-l}	76.9 ^{f-j}
Yüksel	96.0 ^{a-d}	100.0 ^a	72.0 ^{a-d}	89.3 ^{a-f}
Altı sıralı çeşitler				
Altıkak	100.0 ^a	98.7 ^a	51.0 ^{d-h}	83.1 ^{c-h}
Çetin 2000	100.0 ^a	78.7 ^{a-d}	65.0 ^{l-q}	81.3 ^{g-k}
Dara	100.0 ^a	92.0 ^{abc}	87.0 ^a	92.9 ^{abc}
Epona	100.0 ^a	97.3 ^{ab}	80.0 ^{abc}	92.4 ^{abc}
Etincel	100.0 ^a	100.0 ^a	63.0 ^{c-f}	87.6 ^{a-e}
Hazar	100.0 ^a	97.3 ^{abc}	24.0 ^{j-m}	73.8 ^{h-l}
Helke	97.3 ^{abc}	89.3 ^{abc}	17.0 ^{klm}	68.0 ^{l-o}
Kendal	100.0 ^a	100.0 ^a	87.0 ^a	95.6 ^a
Kral 97	97.3 ^{abc}	92.0 ^{abc}	67.0 ^{b-e}	85.3 ^{d-i}
Lord	100.0 ^a	94.7 ^{abc}	41.0 ^{f-j}	78.7 ^{g-k}
Scarpia	96.0 ^{a-d}	100.0 ^a	36.0 ^{g-k}	77.3 ^{f-j}
Steptoe	94.7 ^{b-f}	45.3 ^d	4.0 ^{op}	36.4 ^q
Yaprak	98.7 ^{ab}	98.7 ^a	32.0 ^{h-l}	76.4 ^{g-k}
Ortalama	96.5 ^{A**}	91.0 ^B	46.0 ^C	78.5
V.K. (%)	11.0			

** : 0.01 düzeyinde önemlidir. Aynı sütünde farklı küçük harflerle ve aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir. V.K.: Varyasyon katsayısı

Sürgün uzunluğu

Sürgün uzunlukları bakımından çeşitler ve ozmotik stres uygulamaları arasındaki farklılıklar $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Arpa çeşitlerinin ortalama sürgün uzunlukları kontrol uygulamasında 12.43 cm, -3 bar PEG uygulamasında 10.51 cm, -6 bar PEG uygulamasında ise 1.71 cm olarak bulunmuştur. Artan PEG konsantrasyonlarının sürgün uzunluğunu önemli bir seviyede azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Ortalama sürgün uzunluğu -3 bar PEG uygulamasına göre -6 bar PEG uygulamasında artan PEG dozuna bağlı olarak %83.7 oranında azalmıştır. Çalışmada -3 bar PEG uygulamasında en uzun sürgün uzunluğu değerleri Hasat, Çetin 2000, Arta, Hazar ve Ünver çeşitlerinden, en kısa değerler ise Scarpia, Tadmor ve Etincel çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 3). Uygulanan -6 bar PEG’de, en uzun sürgün uzunluğu değerleri Epona, Sabribey ve Kendal çeşitlerinden elde edilmiştir. Çeşitlerin yarısından fazlası -6 bar PEG’de hiç sürgün oluşturmamıştır. Genel itibarıyla en uzun sürgün uzunluğu 9.96 cm ile Tarm 92 çeşidinden, en kısa sürgün uzunluğu ise 4.26 cm ile Scarpia çeşidinden elde edilmiştir. Stres koşullarına maruz bırakılan çeşitlerin sürgün uzunluklarında önemli farklılıkların olduğu ve stres seviyesi arttıkça genotiplerdeki sürgün uzunluklarının azaldığı bildirilmiştir (Aydın ve ark., 2016). Çimlenen tanede sürgün uzunluğunun köklerden su alımı ve fotosentezin devamı ile artması beklenir. Ancak artan PEG oluşturduğu ozmotik stres ile köklerden su alımını azalttığı için sürgünler gelişmemiştir (Balkan, 2011; Özdemir Dirik ve ark., 2018). Sürgün uzunluğu doğrudan osmotik stres

toleransını ölçmek ile ilgili bir karakter olarak görünmese de bitkilerin stres koşullarında daha uzun sürgünler oluşturabilmesi suyun alınabildiğinin göstergesidir. Bu yüzden daha yüksek sürgün uzunluğu daha kuraklık stresi şartlarına daha iyi tolerans anlamına gelmektedir. Kendal çeşidi kontrol uygulamasında yüksek sürgün uzunluğuna sahip olmasa da -6 bar PEG uygulamasında en yüksek sürgün uzunlukları arasında yer almıştır (Çizelge 3). Stres olmayan şartlarda sürgün uzunluğu aynı zamanda hızlı gelişme ile de ilgili olabilir. Ayrancı, Keykubat, Samyeli, Tadmor ve Tarm 92 çeşitleri kontrolde en yüksek sürgün uzunluğuna sahip olmalarında karşın -6 bar PEG uygulamasında sürgün üretememiştir. Bu çeşitlerin hızlı geliştiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Hızlı gelişme kuraklık stres toleransına genel olarak destekleyici bir özellik olsa da (Özdemir Dirik, 2020), ozmotik stres toleransı ile doğrudan ilgili olmayabilir.

Çizelge 3. Arpa çeşitlerinin osmotik stres altındaki sürgün uzunlukları

Çeşitler	Sürgün uzunluğu (cm)			
	Kontrol	-3 bar	-6 bar	Ort.
İki sıralı çeşitler				
Anka 06	9.00 ^{ab**}	10.73 ^{a-d**}	0.00 ^{b**}	6.58 ^{i**}
Arta	14.40 ^{ab}	13.07 ^{ab}	0.00 ^b	9.16 ^{a-f}
Asil	12.73 ^{ab}	11.90 ^{a-d}	3.33 ^{ab}	9.32 ^{a-c}
Ayrancı	15.43 ^{ab}	11.20 ^{a-d}	0.00 ^b	8.88 ^{a-g}
Barış	13.87 ^{ab}	10.80 ^{a-d}	0.00 ^b	8.22 ^{a-1}
Bozlak	8.33 ^b	10.13 ^{a-f}	1.83 ^{ab}	6.77 ^l
Burakbey	13.57 ^{ab}	9.27 ^{b-f}	0.00 ^b	7.61 ^{d-1}
Cacabey	10.33 ^{ab}	10.15 ^{a-f}	0.00 ^b	6.83 ^{hi}
Harrington	11.77 ^{ab}	9.67 ^{a-f}	0.00 ^b	7.14 ^{gh1}
Hasat	12.13 ^{ab}	13.60 ^a	2.53 ^{ab}	9.42 ^{a-d}
Hevsel	10.80 ^{ab}	10.97 ^{a-d}	0.00 ^b	7.26 ^{f-1}
Keykubat	16.23 ^{ab}	9.10 ^{b-f}	0.00 ^b	8.44 ^{a-1}
Misket	12.07 ^{ab}	10.25 ^{a-f}	0.00 ^b	7.44 ^{e-1}
Ocak	10.48 ^{ab}	9.90 ^{a-f}	3.78 ^{ab}	8.05 ^{a-1}
Pınar	9.52 ^{ab}	9.17 ^{b-f}	1.33 ^{ab}	6.67 ^l
Sabribey	12.60 ^{ab}	11.00 ^{a-d}	5.89 ^a	9.83 ^{ab}
Samyeli	16.07 ^{ab}	9.33 ^{b-f}	0.00 ^b	8.47 ^{a-1}
Tadmor	15.90 ^{ab}	6.40 ^{e-f}	0.00 ^b	7.43 ^{e-1}
Tarm 92	18.53 ^a	11.33 ^{a-d}	0.00 ^b	9.96 ^a
Tokak 157/37	13.67 ^{ab}	10.47 ^{a-d}	0.00 ^b	8.04 ^{a-1}
Ünver	11.03 ^{ab}	12.13 ^{abc}	0.00 ^b	7.72 ^{c-1}
Yaba	14.20 ^{ab}	10.40 ^{a-e}	4.82 ^{ab}	9.81 ^{ab}
Yüksel	10.50 ^{ab}	9.00 ^{c-f}	5.30 ^{ab}	8.27 ^{a-1}
Altı sıralı çeşitler				
Altıkāt	14.37 ^{ab}	11.92 ^{a-d}	0.00 ^b	8.76 ^{a-h}
Çetin 2000	13.27 ^{ab}	13.50 ^a	2.17 ^{ab}	9.64 ^{abc}
Dara	9.07 ^{ab}	10.00 ^{a-f}	4.70 ^{ab}	7.92 ^{b-1}
Epona	10.50 ^{ab}	10.70 ^{a-d}	6.20 ^a	9.13 ^{a-f}
Etincel	16.20 ^{ab}	8.03 ^{d-f}	4.67 ^{ab}	9.63 ^{abc}
Hazar	9.77 ^{ab}	12.43 ^{abc}	0.00 ^b	7.40 ^{e-1}
Helke	12.13 ^{ab}	10.68 ^{a-d}	5.50 ^a	9.44 ^{a-d}

Çizelge 3. (Devamı)

Kendal	10.87 ^{ab}	10.13 ^{a-f}	5.87 ^a	8.96 ^{a-g}
Kral 97	14.77 ^{ab}	11.47 ^{a-d}	2.39 ^{ab}	9.54 ^{a-d}
Lord	12.80 ^{ab}	11.47 ^{a-d}	0.00 ^b	8.09 ^{a-1}
Scarpia	6.57 ^b	6.20 ^f	0.00 ^b	4.26 ^f
Steptoe	9.87 ^{ab}	10.63 ^{a-d}	0.00 ^b	6.83 ^{hi}
Yaprak	14.32 ^{ab}	11.13 ^{a-d}	1.33 ^{ab}	8.93 ^{a-g}
Ortalama	12.43 ^{A**}	10.51 ^B	1.71 ^C	8.21
V.K. (%)	25.9			

**0.01 düzeyinde önemlidir. Aynı sütünde farklı küçük harflerle ve aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir. V.K.: Varyasyon katsayısı

Kök uzunluğu

Kök uzunlukları bakımından çeşitler ve ozmotik stres uygulamaları arasındaki farklılıklar $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Bitkilerde kök uzunluğu, gereksinim duyulan suya ve besin maddelerine ulaşmada etkili olan önemli bir özelliktir. Ortalama kök uzunlukları kontrol uygulamasında 5.37 cm, -3 bar PEG uygulamasında 6.14 cm, -6 bar PEG uygulamasında ise 2.36 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). PEG uygulaması -6 barda kök uzunluğunu öneli derecede azaltırken, -3 barda kontrole göre daha uzun kökler belirlenmiştir. Çalışmada -3 bar PEG uygulamasında en uzun kök uzunluğu Çetin 2000 (8.47 cm), Hasat (8.17 cm) ve Arta (8.13 cm) çeşitlerinden, en kısa kök uzunluğu Scarpia (2.93 cm) ve Etince (3.43 cm) çeşitlerinden elde edilmiştir. PEG 'in -6 bar uygulamasında ise en uzun kök uzunluğu Barış (5.07 cm) ve Hasat (5.03 cm) çeşitlerinden, en kısa kök uzunluğu Tadmor (0.27 cm) ve Steptoe (0.39 cm) çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Bununla birlikte en yoğun ozmotik stresten en az etkilenen ve kontrole en yakın uzunlukta kök üreten Hazar çeşidi olmuştur. Çeşitlerin ortalama kök uzunlukları -3 bar PEG uygulamasında kontrol uygulamasına göre önemli bir şekilde artmıştır. Bu da ortamın ozmotik basıncındaki şiddetine bağlı olarak bitkinin, daha az etkilenerek suya erişmek için köklerinin büyüme ve gelişmesini artırdığından kaynaklanmış olabilir (Balkan, 2011). Daha uzun kökler su stresinin etkisini gösterdiği durumlarda daha da belirginleşir. Çimlenme sorunu olan bölgelerde, bitkilerde osmotik strese neden olan kimyasallar daha uzun kök gelişimini teşvik etmek için de kullanılmaktadır (Kılıç, 2020). Bu yüzden bu çalışmada -3 bar osmotik basınçta belirlenen daha uzun kökler bitkilerin stres şartlarında daha fazla suya ulaşmak için geliştirdikleri bir tolerans mekanizması olabilir. Dolayısıyla osmotik streste daha uzun kökler üreten çeşitlerin kuraklığa daha toleranslı olduğu çıkarımı yanlış olmayacaktır (Öztürk ve ark., 2016). Bitkilerin -6 bar osmotik basınçta daha kısa kökler üretmesi beklenen bir durumdur. Ancak bu şartlarda daha uzun kök üretimi osmotik stres toleransının daha iyi olduğu anlamına gelebilir. Nitekim Yalçın Okursoy (2006), PEG ile oluşturulan osmotik basıncın kuraklık toleransı bakımından iyi bir seleksiyon kriteri olduğunu belirtmiştir. İncelenen çeşitler arasında Hasat çeşidinin hem -3 bar basınçta kontrole göre, hem de -6 bar osmotik basınçta diğer çeşitlere göre daha iyi kök gelişimi sağladığı görülebilir.

Çizelge 4. Arpa çeşitlerinin osmotik stres altındaki kök uzunlukları

Çeşitler	Kök uzunluğu (cm)			
	Kontrol	-3 bar	-6 bar	Ort.
İki sıralı çeşitler				
Anka 06	3.90 ^{ab**}	6.30 ^{a-b**}	1.63 ^{E-m**}	3.94 ^{kl**}
Arta	6.63 ^{ab}	8.13 ^{ab}	2.68 ^{c-k}	5.81 ^{abc}
Asil	6.03 ^{ab}	7.20 ^{a-d}	3.50 ^{a-f}	5.58 ^{a-d}
Ayrançı	6.57 ^{ab}	6.50 ^{a-e}	2.10 ^{e-f}	5.06 ^{b-h}
Barış	6.10 ^{ab}	6.83 ^{a-e}	5.07 ^a	6.00 ^{ab}
Bozlak	3.77 ^{ab}	6.20 ^{a-f}	2.40 ^{c-l}	4.12 ^{g-l}
Burakbey	4.97 ^{ab}	5.93 ^{a-f}	1.23 ^{h-m}	4.04 ^{h-l}
Cacabey	4.63 ^b	5.75 ^{a-g}	1.00 ^{i-m}	3.79 ^{kl}
Harrington	4.97 ^{ab}	4.90 ^{c-g}	0.42 ^{lm}	3.43 ^l
Hasat	5.33 ^{ab}	8.17 ^{ab}	5.03 ^{ab}	6.18 ^a
Hevsel	4.73 ^{ab}	6.40 ^{a-e}	1.17 ^{h-m}	4.10 ^{h-l}
Keykubad	7.93 ^{ab}	6.20 ^{a-f}	0.87 ^{j-m}	5.00 ^{b-i}
Misket	4.97 ^{ab}	6.20 ^{a-f}	1.43 ^{g-m}	4.20 ^{f-l}
Ocak	3.52 ^{ab}	6.12 ^{a-f}	3.02 ^{b-i}	4.22 ^{f-l}
Pınar	5.55 ^{ab}	6.28 ^{a-f}	0.50 ^{lm}	4.11 ^{g-l}
Sabribey	6.07 ^{ab}	5.50 ^{b-g}	3.87 ^{a-e}	5.14 ^{a-g}
Samyeli	6.77 ^{ab}	5.60 ^{a-g}	2.21 ^{d-m}	4.86 ^{c-j}
Tadmor	7.73 ^{ab}	4.13 ^{efg}	0.27 ^m	4.04 ^{h-l}
Tarm 92	8.07 ^a	6.70 ^{a-e}	0.73 ^{klm}	5.17 ^{a-f}
Tokak 157/37	5.00 ^{ab}	5.67 ^{a-g}	0.73 ^{klm}	3.80 ^{kl}
Ünver	4.60 ^{ab}	7.40 ^{a-d}	1.82 ^{f-m}	4.61 ^{d-k}
Yaba	6.63 ^{ab}	6.00 ^{a-f}	3.27 ^{a-g}	5.30 ^{a-e}
Yüksel	4.47 ^{ab}	5.30 ^{b-g}	4.20 ^{a-d}	4.66 ^{d-k}
Altı sıralı çeşitler				
Altıkakt	7.00 ^{ab}	7.35 ^{a-d}	2.13 ^{e-m}	5.49 ^{a-e}
Çetin 2000	5.67 ^{ab}	8.47 ^a	3.37 ^{a-g}	5.83 ^{abc}
Dara	3.03 ^{ab}	4.57 ^{efg}	2.77 ^{c-j}	3.46 ^l
Epona	4.57 ^{ab}	5.50 ^{b-g}	3.53 ^{a-f}	4.53 ^{c-k}
Etincel	5.73 ^{ab}	3.43 ^{fg}	3.33 ^{a-g}	4.17 ^{f-l}
Hazar	4.63 ^{ab}	7.73 ^{abc}	4.05 ^{a-e}	5.47 ^{a-e}
Helke	5.35 ^{ab}	6.03 ^{a-f}	3.03 ^{b-h}	4.80 ^{c-k}
Kendal	3.90 ^{ab}	4.90 ^{c-g}	3.13 ^{a-h}	3.98 ^{t-l}
Kral 97	5.70 ^{ab}	7.27 ^{a-d}	4.33 ^{abc}	5.77 ^{abc}
Lord	5.57 ^{ab}	6.60 ^{a-e}	2.70 ^{c-k}	4.96 ^{c-j}
Scarpia	2.83 ^b	2.93 ^g	0.93 ^{j-m}	2.23 ^m
Steptoe	4.23 ^{ab}	5.87 ^{a-f}	0.39 ^{lm}	3.50 ^l
Yaprak	6.25 ^{ab}	6.97 ^{a-e}	2.21 ^{d-m}	5.14 ^{b-g}
Ortalama	5.37 ^{B**}	6.14 ^A	2.36 ^C	4.59
V.K. (%)	24.1			

** : 0.01 düzeyinde önemlidir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle ve aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir. V.K.: Varyasyon katsayısı

Kuraklık tolerans indeksi

Arpa çeşitlerinin çimlenme oranı, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu bakımından kuraklık tolerans indeksi (%) değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Arpa çeşitlerinin -3 bar ozmotik strete çimlenme oranı bakımından kuraklık tolerans indeksi değerleri, %47.8-107.4 arasında değişiklik göstermiş olup, en yüksek değer Sabribey çeşidinden, en düşük değer de Steptoe çeşidinden elde edilmiştir. Kök uzunluğu bakımından en yüksek kuraklık tolerans indeksi %176.5 ile Ocak çeşidinden, en düşük de %48.6 ile Tadmor çeşidinden elde edilmiştir. Sürgün uzunluğu bakımından ise kuraklık tolerans indeksi değerleri %51.5–127.5 arasında değişmiş, en yüksek değer Hazar çeşidinden en düşük değer Etince çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 5). Çalışmada -6 bar ozmotik strete çimlenme oranı bakımından kuraklık tolerans indeksi değerlerine bakıldığında, en yüksek değer %86.7 ile Kendal ve Dara çeşitlerinden en düşük değer de %2.7 ile Harrington çeşidinden elde edildiği görülmektedir. Kök uzunluğu bakımından kuraklık tolerans indeksi değerleri %4.1-98.1 arasında değişmiş ve en yüksek değer Hasat çeşidinden, en düşük değer de Tadmor çeşidinden elde edilmiştir. Sürgün uzunluğu bakımından ise kuraklık tolerans indeksi değerleri %0.0-62.9 arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada -6 bar ozmotik strete sürgün uzunluğu bakımından en yüksek kuraklık tolerans indeksi değeri Epona çeşidinden elde edilirken çeşitlerin yarısından fazlası sürgün oluşturmadıkları için (Çizelge 3) kuraklık tolerans indeksi değerleri en düşük (%0.0) olarak belirlenmiştir. Çizelge 5'te görüldüğü gibi PEG dozunun artmasıyla kuraklık tolerans indeksi değerleri azalmaktadır. Kuraklık tolerans indeksinin genotiplere göre değiştiği (Kachare ve ark., 2016), artan kuraklık seviyelerinin kuraklığa karşı toleransı olumsuz etkilediği ve kuraklık tolerans indeksi yüksek olan çeşitlerin kurağa toleranslı, düşük olanların ise hassas olduğu (Uslu ve ark., 2021) bildirilmiştir.

Çizelge 5. Arpa çeşitlerinin kuraklık tolerans indeksi değerleri (%)

Çeşitler	Kuraklık tolerans indeksi (-3 bar için)			Kuraklık tolerans indeksi (-6 bar için)		
	Çimlenme oranı	Kök uzunluğu	Sürgün uzunluğu	Çimlenme oranı	Kök uzunluğu	Sürgün uzunluğu
İki sıralı çeşitler						
Anka 06	71.7	167.4	121.8	41.9	42.7	0.0
Arta	82.6	123.7	91.0	15.1	41.0	0.0
Asil	87.2	119.8	94.4	76.1	58.0	28.4
Ayrancı	91.5	104.9	77.5	67.9	35.4	0.0
Barış	105.7	119.0	83.8	61.8	92.7	0.0
Bozlak	102.8	171.3	122.7	67.0	64.1	21.6
Burakbey	101.4	120.0	69.4	49.2	25.4	0.0
Cacabey	106.6	124.4	100.6	55.0	21.7	0.0
Harrington	89.0	101.6	87.4	2.7	8.5	0.0
Hasat	98.7	157.5	113.7	84.0	98.1	21.5
Heysel	94.1	142.5	103.3	66.8	30.2	0.0
Keykubad	98.6	77.7	55.8	53.5	11.1	0.0
Misket	85.6	127.1	85.4	60.4	28.8	0.0
Ocak	100.0	176.5	100.9	62.3	86.9	31.6
Pınar	101.6	113.1	96.2	6.7	8.8	13.2
Sabribey	107.4	106.2	99.9	29.2	74.8	54.5

Çizelge 5. (Devamı)

Samyeli	93.2	87.6	61.7	51.9	33.8	0.0
Tadmor	97.3	48.6	35.9	24.0	4.1	0.0
Tarm 92	95.8	91.9	65.0	55.6	10.3	0.0
Tokak	98.7	113.6	76.6	16.0	15.2	0.0
Ünver	100.0	161.0	110.2	21.3	38.9	0.0
Yaba	98.7	99.3	79.3	32.0	54.8	38.9
Yüksel	104.3	119.7	86.5	74.9	94.6	50.5
Ortalama	96.2	120.6	87.8	46.8	42.6	11.3
Altı sıralı çeşitler						
Altıkat	98.7	112.1	88.3	50.7	34.1	0.0
Dara	92.0	153.9	110.4	86.7	92.0	51.9
Çetin 2000	78.7	150.4	103.8	65.3	58.8	13.4
Epona	97.3	132.4	107.1	80.0	89.7	62.9
Etincel	100.0	64.0	51.5	62.7	62.0	30.8
Hazar	97.3	168.6	127.5	24.0	87.9	0.0
Helke	92.2	124.0	94.8	17.9	65.2	49.4
Kendal	100.0	125.4	93.7	86.7	80.6	54.3
Kral 97	94.9	131.4	82.3	68.8	82.1	16.3
Lord	94.7	120.1	89.6	41.3	50.0	0.0
Scarpia	104.5	103.5	94.6	37.6	33.0	0.0
Step toe	47.8	145.2	107.8	4.8	7.1	0.0
Yaprak	100.1	124.1	79.8	32.3	37.8	8.3
Ortalama	92.2	127.3	94.7	50.7	60.0	22.1
Genel ortalama	94.7	123.0	90.3	48.2	48.9	15.2

Sonuç

Çalışmanın neticesinde PEG konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak çimlenme oranı, sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu azalmıştır. Çeşitlerin çimlenme oranları incelendiğinde Kendal, Hasat, Dara ve Epona çeşitlerinin erken gelişme dönemindeki kuraklık stresine toleranslı, Steptoe, Harrington ve Arta çeşitlerinin ise duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Kök uzunluğu, bakımından en uzun kök uzunluğu Hasat ve Barış çeşitlerinden, en kısa kök uzunluğu ise Scarpia, Harrington, Dara ve Steptoe çeşitlerinden elde edilmiştir. Sürgün uzunlukları bakımından ise, en uzun sürgünler Tarm 92, Sabribey ve Yaba çeşitlerinden elde edilirken, en kısa sürgün uzunluğu Scarpia çeşidinde görülmüştür. Kuraklığın şiddetinin artırıldığı -6 bar ozmotik strese kuraklık tolerans indeksi değerlerine bakıldığında çimlenme oranı, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu bakımından sırasıyla Epona, Dara, Kendal, Yüksel ve Hasat çeşitleri en yüksek değerlere sahip olmuştur. Son yıllarda kuraklık stresi bitki gelişiminin her döneminde görülmektedir. Çimlenme döneminde kuraklık stresi görülen bölgelerde bu çeşitlerin tercihi, üretimin ilk aşaması olan iyi bir fide gelişimini desteklemesi nedeniyle kuraklık stresinin etkilerini azaltabilir. Aynı zamanda gelecek ıslah programlarında erken dönem kuraklık stresinin de dikkate alınması gerekmektedir. Sonuç olarak bu araştırmada öne çıkan arpa çeşitleri erken dönemde kuraklık streste toleranslı çeşit geliştirmek ıslah programlarında ebeveyn olarak kullanılabilir.

Teşekkür

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale, araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abdel-Ghani, A.H., Neumann, K., Wabila, C. Sharma R., Dhanagond S., Owais S. J., Borner, A., Graner, A. ve Kilian B., 2015. Diversity of germination and seedling traits in a spring barley (*Hordeum vulgare* L.) collection under drought simulated conditions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1 62, 275–292.
- Amini, R. 2013. Drought stress tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by priming with PEG. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2(20), 803-808.
- Aydın, M., Hossein Pour, A., Tosun, M. And Haliloğlu, K. 2016. Effect of application of putrescine on seedling growth and cell division of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3): 319-332.
- Balkan, A. 2011. Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) kurağa dayanıklılıkla ilişkili morfolojik ve fizyolojik özelliklerin saptanması üzerine araştırmalar. Doktora tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- 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(2): 44-52.
- Bilgili, D., Atak, M. ve Mavi, K. 2019. Effects of peg-induced drought stress on germination and seedling performance of bread wheat genotypes. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 29(4), 765-771.
- Dolgun, C. Ve Aydoğan Çıfci, E. 2018. Farklı kuraklık stresi seviyelerinin makarnalık buğday çeşitlerinde çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(2): 99-109.
- Kachare, S., Tiwari, S. and Tripathi, N. 2016. Effectiveness of drought tolerance indices to identify tolerant genotypes in soybean (*Glycine max* (L.) merr.). *National Journal of Life Science*, 13(1): 11-13.
- Karahan, S. 1996. Buğdaylarda (*Triticum* spp.) kurağa dayanma mekanizmasının laboratuvar, sera ve tarla şartlarında incelenmesi ve dayanıklı çeşitlerin seçimi ve sonuçların ıslah programlarında kullanılması üzerine araştırmalar. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla bitkileri Anabilim Dalı.
- Khafagy, M. A., Mohamed, Z. A. A., Farouk, S., and Amrajaa, H. K. 2017. Effect of pre-treatment of barley grain on germination and seedling growth under drought stress. *Advances in Applied Sciences*, 2(3), 33-42.

- Kılıç, B. 2020. Prolin ön uygulamasının kuraklık stresi koşullarındaki karaçam tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Kutlu, İ. 2010. Tahıllarda kuraklık stresi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 3(1): 35-41.
- Landjeva, S., Neumann, K., Lohwasser, U. and Börner, A. 2008. Molecular mapping of genomic regions associated with wheat seedling growth under osmotic stress. *Biologia Plantarum*, 52: 259-266.
- Macar, T. M. 2008. Effects of water deficit induced by peg and nacl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. *G.U. Journal of Science*, 22: 5-14.
- Michel, B. E. and Kaufmann, M. R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant physiology*, 51(5), 914-916.
- Özdemir Dirik, K., Saygılı, İ., Özkurt, M. ve Sakin, M. A. 2018. Bazı yerel ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin ozmotik stres altında erken gelişme dönemindeki kuraklık Toleransının belirlenmesi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(2): 95-101.
- Özdemir Dirik K., Saygılı, İ., Özkurt, M. ve Sakin, M. A. 2020. Bazı yerel ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin erken gelişme dönemindeki tuz stresine toleransının incelenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(3): 688-693.
- Özdemir Dirik, K. 2020. Tokat, Amasya ve Çorum orijinli yerel ekmeklik buğday çeşitlerinin bazı tarımsal özellikler ve geç gelişme dönemlerindeki kuraklığa tolerans yönünden karakterizasyonu. Doktora tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Özdemir Dirik, K., Sakin, M.A., İnanç, M. ve Sönmez, F. 2022. Bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin tokat-kazova koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(4): 800-810.
- Özkurt, M., Saygılı, İ. ve Özdemir Dirik, K. 2019. Bazı yonca çeşitlerinin erken gelişme dönemindeki kuraklık toleransının belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(4): 557-562.
- Öztürk, A., Taşkesenligil, B., Haliloğlu, K., Aydın, M. and Çağlar, Ö. 2016. Evaluation of bread wheat genotypes for early drought resistance via germination under osmotic stress, cell membrane damage, and paraquat tolerance. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40: 146-159.
- Öztürk, Y., Tatar, N. ve Budaklı Çarpıcı, E., 2018. Tuz stresi koşullarında polietilen glikol ön uygulamalarının kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) tohumlarının çimlenme özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(1): 141-149.
- Rauf, M., Munir, M., Hassan, M.U., Ahmad, M. and Afzal, M. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. *Afr. J. Biotechnol.*, 6(8): 971-975.
- Rubinstein, B., 1982. Effects of osmotic shock. *Plant Physiology*, 69: 939-944.
- Sarı, N. ve İmamoğlu, A. 2009. Menemen ekolojik koşullarına uygun ileri arpa hat ve çeşitlerinin belirlenmesi. *Anadolu J. of AARI.*, 19(1): 24-33.

- Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*, 125: 27-58.
- Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F. and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought tolerant *P. acutifolius* gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, 168: 223– 231.
- Uslu, Ö.S., Gedik, O., Alhamedi, M. ve Alminfi, K. 2021. Kuraklık stresinin bazı yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 3(2): 28-36.
- Villela, F.A., Doni Filho, L. and Sequeira, L.E. 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 26: 1957-1968.
- Veselov, D.S, Mustafina, A.R., Sabirjanva, I.B., Akhiyarova, G.R., Dedov, A.V., Veselov, S.U. and Kudoyarova, G.R. 2002. Effect of PEG-treatment on the leaf growth response and auxin content in shoots of wheat seedlings. *Plant Growth Regulation*, 38: 191-194.
- Yalçın Okursoy, M. 2006. Ekmeklik buğday genotiplerinin in vitro ve in vivo koşullarında kuraklığa dayanıklılık yönünden değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı.

