

## **Bazı Yaygın Mürdümük Çeşitlerinde Kuraklık Stresinin Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkisi**

Hilal ASLAN<sup>1</sup> İbrahim ATIŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 31000,HATAY

<sup>2</sup>Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 31000, Hatay

### **Özet**

Bu araştırma 3 adet yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) çeşidinin (Eren, İptaş ve Karadağ) farklı kuraklık düzeylerindeki çimlenme ve fide gelişimlerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada mürdümük çeşitlerinin kuraklık stresine tepkilerini belirlemek amacıyla, saf su (kontrol), -3, -6, -9 ve -12 bar ozmotik basınca sahip PEG-6000 solüsyonları ile kuraklık ortamları oluşturulmuştur. Araştırmada çimlenme oranı, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi, fide boyu, kök uzunluğu, fide-kök yaş ağırlığı, tolerans indeksi incelenmiştir. İncelenen özelliklerden, kök uzunluğu, fide uzunluğu, fide yaş ağırlığı, çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, tolerans indeksi değerleri çeşitlere bağlı olarak istatistiksel olarak önemli farklılık gösterirken, kök yaş ağırlığı ve çimlenme indeksi üzerinde çeşitlerin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. İncelenen tüm özelliklerin artan kuraklık düzeylerinden olumsuz etkilendiği ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Çimlenme oranı sadece -12 bar ozmotik basınç düzeyinde önemli oranda azalırken, diğer özellikler kuraklığın daha düşük dozlarından önemli derecede etkilenmiştir. Araştırma sonuçları kurak koşullarda daha iyi çimlenme ve fide gelişimi gösteren Eren ve İptaş çeşitlerinin öncelikli olarak tercih edilebileceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çimlenme, Kuraklık stresi, PEG, Yaygın mürdümük,

### **Effect of Drought Stress on Germination and Seedling Growth of Some Grass Pea Cultivars**

#### **Abstract**

This research was carried out to evaluate the germination and seedling development of three different grass pea (*Lathyrus sativus* L.) cultivars (Eren, Iptas and Karadag) at different drought stress levels. To determine the effect of drought stress on grass pea cultivars, drought stress was generated at 5 different osmotic potential of PEG-6000 (0 (distilled water as control), -3, -6, -9 ve -12 bar). Germination percentage, germination index, mean germination time, shoot length, root length, fresh shoot weight and fresh root weight were determined in this study. As a results of experiment, root length, shoot length, fresh shoot weight, mean germination time and drought tolerance index were significantly affected by cultivars while the effects of cultivars were statistically insignificant in terms of fresh root weight and germination index. Investigated all traits were adversely affected as increased drought levels. Germination percentage significantly decreased at only -12 bar osmotic potential, while other traits were significantly affected at lower levels of drought. The results of the research showed that cv. Eren and cv. Iptas which exhibited better germination and seedling growth, could be preferred to arid conditions.

**Key words:** Germination, drought stress, PEG, Chickpea

## Giriş

Yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.), yeşil ot, kuru ot ve tane yem olarak hayvan beslenmesinde, yeşil gübre bitkisi olarak toprak yapısının iyileştirilmesinde ve yemeklik tane baklagil olarak ve sebze olarak insan beslenmesinde kullanılabilen çok yönlü bir bitkidir (Karadağ, 2009). Mürdümük özellikle kuraklık ve su basmalarına dayanımı nedeniyle Doğu Afrika ve Asya'nın tropik ve subtropik bölgelerinde hayvan ve insan beslenmesinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Campbell, 1997). Ülkemizde temel olarak hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Özellikle kuraklığın problem olduğu bölgelerde hem tane hem de kaba yem kaynağı olarak önemli bir potansiyele sahiptir. Bu bölgelerde tarımı yapılacak mürdümük çeşitlerinin kuraklığa tepkilerinin bilinmesi önemli bir konudur. Tohum toprağa düştüğü andan itibaren tüm gelişimi boyunca kuraklık stresine maruz kalabilmektedir (Gunes ve ark., 2006).

Tarımsal üretime kuraklığın iki temel etkisi bulunmaktadır. Birincisi, istenilen bitki çıkışını sağlayamama, ikincisi ise toprakta istenilenden daha az su bulunması nedeniyle gelişme ve verimde azalmadır (Saxena ve ark., 1993). Çıkışta görülen düzensizlik, istenen bitki sıklığının elde edilememesine, bitkilerin çiçeklenme ve olgunlaşmasında düzensizliklere, verimin düşmesine, hasatta olgunlaşma düzensizliklerine ve hasattan sonra tohumların farklı nem içeriklerinden dolayı depolamada zorluklara neden olabilmektedir (Gürbüz ve ark., 2009). Tohum çimlenmesinin sağlıklı şekilde gerçekleşmesi istenilen bitki sıklığının sağlanması ve başarılı bir üretim için kritik rol oynar (Atış, 2011). Tohumların sağlıklı bir şekilde çimlenebilmesi için ağırlıklarının %50'si kadar suyu topraktan alması gerekmektedir. Bu dönemde oluşacak su eksikliği veya aşırı nem gelişmeyi geciktirmektedir (Çırak ve Esenal, 2006). Genel olarak tohumun çimlenmesi için gerekli kritik nem seviyesi bitkilere göre farklılık göstermektedir. Bitkilerin kuraklığa tepkileri spesifik ve genotipe bağlıdır (De Leonadis ve ark., 2007). Dolayısıyla bitkilerin çimlenme döneminde kuraklığa verdiği tepki ve bu

dönemdeki toleransı bitkinin başarılı şekilde yetiştirilmesinde kritik rol oynamaktadır.

Polyethylene glycol (PEG) çevresel kuraklığın laboratuvar koşullarında taklit edilmesi amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Kaufman ve Eckard, 1971). Polietilen glikol (PEG), yüksek molekül ağırlıklı bir madde olup su alımını düzenleyerek, ortamı istenilen su stresi koşullarında tutmaktadır. Ayrıca PEG-6000 bitki köklerinde alınmamakta ve toksik etki yaratmamaktadır (Çalikoğlu ve Tilki 2002).

Farklı bitkilerin erken çimlenme ve fide dönemlerinde kuraklığa tepkilerinin belirlenmesi amacıyla PEG kullanılarak çok sayıda araştırma yürütülmüştür (Çalikoğlu ve Tilki, 2002; Van der Berg ve Zeng, 2006; Mut ve Akay, 2010; Piwowarczyk ve ark., 2014; Bilgili ve ark., 2018). Fallahi ve ark. (2015), PEG 6000 kullanarak oluşturduğu 0, -2, -4, -6, -8, -10, -12 ve -14 bar ozmotik basınç düzeylerinde, çimlendirme denemesine aldığı mürdümükte özellikle -8 bar ozmotik basınç düzeyinde çimlenmenin önemli derecede azaldığını, günlük çimlenme oranının ise tüm düzeylerde kontrolden önemli derecede düşük olduğunu, yine artan kuraklık koşullarına bağlı olarak fide gelişiminin de olumsuz etkilendiğini belirlemişlerdir.

Bu çalışmada kurak koşullarda yeterli verim verme potansiyeline sahip bir tür olan yaygın mürdümüğün, tescilli 3 çeşidinin çimlenme döneminde kuraklığa tepki bakımından farklılıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Denemede bitki materyali olarak 2013 yılında tescil edilen Karadağ, İptaş ve Eren yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) çeşitleri kullanılmıştır. Deneme 4 tekrarlamalı olarak ve her tekrarlama 25 tohum olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre laboratuvar koşullarında kurulmuştur. Araştırmada mürdümük çeşitlerinin kuraklık stresine tepkilerini belirlemek amacıyla, saf su (kontrol), -3, -6, -9 ve -12 bar ozmatik basınca sahip PEG-6000 solüsyonları hazırlanmıştır. Tohumlar ekilmeden önce % 1'lik sodyum

hypochloride çözeltisi ile 10 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Yüzey sterilizasyonuna tabi tutulan tohumlar 20 x20 ebadındaki alta iki kat kurutma kağıdı üzerine tohum ve üzerine tekrar bir kat kağıt olacak şekilde yerleştirilmiş, kağıtlar alt köşelerinden ~2 cm katlandıktan sonra rulo şeklinde sarılmıştır. Deneme konusu olan her bir kuraklık seviyesi için hazırlanan saf su ve PEG-6000 solüsyonunun 10 ml'si ile kurutma kağıtları nemlendirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan rulolar nem kaybını önlemek için buzdolabı poşetleri içerisine konularak, 20 °C sıcaklığa ayarlı çimlendirme dolabına yerleştirilmiştir. Denemede, çimlenme oranı ve çimlenme indeksinin belirlenmesi amacıyla ikinci günden itibaren çimlenen tohumlar (kökçüğü en az 2 mm olan tohumlar) 20. güne kadar her gün kaydedilmiştir. Çimlenme sayımları kullanılarak aşağıdaki formüller ile "çimlenme oranı (ÇO)" (Akıncı ve Çalışkan, 2010), "çimlenme indeksi (Çİ)" (Wang ve ark., 2004) ve "Ortalama Çimlenme Süresi (OÇS)" (Ellis ve Roberts, 1980) değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{ÇO (\%)} = \left( \frac{\text{Çimlenen Tohum Sayısı}}{\text{Toplam Tohum Sayısı}} \right) \times 100$$

$$\text{Çİ} = \sum(G_i/T_t)$$

Burada  $G_i$ , t. günde çimlenen tohum sayısını,  $T_t$  ise t. günün gün sayısını ifade etmektedir.

$$\text{OÇS (gün)} = \sum(f_x) / \sum f$$

Burada f: Çimlenen tohum sayısını; x: Çimlenme gününü ifade etmektedir.

Denemenin 20. gününde çimlenmiş 10 bitkide fide ölçümleri yapılmıştır. Fide özelliklerinden sürgün ve kök uzunluğu her petrideki 10 bitkinin kök ve sap uzunluklarının ayrı ayrı milimetre cinsinden ölçülüp ortalamasının alınmasıyla bulunmuştur. Bitki başına yaş sürgün ve kök ağırlığı, sürgün ve kökleri kesilerek ayrıldıktan sonra 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılıp ortalamasının alınmasıyla belirlenmiştir. Ayrıca, fidelerin toplam yaş ağırlıkları kullanılarak aşağıdaki

formülle "tuz tolerans indeksi" (Carpıcı ve ark., 2009; Kökten ve ark., 2010) hesaplanmıştır.

$$\text{Kuraklık Tolerans İndeksi} = (T_xTYA/T_0TYA) \times 100$$

Burada, TYA= toplam yaş ağırlığı,  $T_x$ =X dozundaki toplam yaş ağırlığı,  $T_0$ = kontrol uygulamasındaki toplam yaş ağırlığını ifade etmektedir.

Araştırmanın istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, MSTAT-C paket programı kullanılarak 4 tekrarlamalı tesadüf parselleri deneme deseninde analiz edilmiş olup, istatistiksel olarak önemli çıkan ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile % 5 seviyesinde gruplandırılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Yapılan varyans analizinin sonuçları, çimlenme oranı üzerinde çeşitlerin etkisinin % 5, kuraklık düzeyi ve çeşit x kuraklık düzeyi interaksyonunun ise % 1 önem seviyesinde önemli etkiye sahip olduğu göstermiştir (Çizelge 1). Çeşitlere bağlı olarak belirlenen ortalama çimlenme oranları % 71.8 ile % 83.3 arasında değişim göstermiştir. Eren en yüksek çimlenme oranına sahip çeşit olurken, bunu İptaş ve Karadağ çeşitleri takip etmişlerdir. Eren ve Karadağ çeşitlerinde belirlenen çimlenme oranları istatistiksel olarak birbirinden farksız olurken, Karadağ çeşidinde belirlenen ortalama çimlenme oranı değeri diğer çeşitlerden istatistiksel olarak daha düşük bulunmuştur (Çizelge 2) Kuraklık stresi altında farklı bitki türleri ile yürütülen araştırmalarda da çeşit veya genotiplere bağlı olarak çimlenme oranlarının farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Okçu ve ark., 2005; Farsiani ve Ghobadi, 2009; Uğur, 2015; Mujtaba ve ark., 2016; Pantola ve ark., 2017). Her ne kadar bulgularımız -9 bar ozmotik basınç düzeyine kadar çimlenme oranında önemli bir azalma olmadığını gösterse de, daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi fide gelişimi açısından daha düşük kuraklık düzeyleri ciddi stres oluşturabilmektedir. Kuraklık seviyelerine bağlı olarak çimlenme oranları %29.6 ile % 93.3 arasında değişmiştir (Çizelge 2). Artan kuraklık düzeylerine bağlı olarak çimlenme oranlarında sürekli bir azalma eğilimi söz konusu olmakla birlikte,

kontrol, -3, -6 ve -9 bar ozmotik basınç seviyelerinde belirlenen çimlenme oranlarında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Ozmotik basınç seviyesinin -12 bar'a çıkması çimlenme oranında çok ciddi bir azalmaya neden olmuştur. Benzer şekilde farklı kuraklık seviyelerinde mürdümünün çimlenme oranını inceleyen Fallahi ve ark. (2015), çimlenme oranlarının -8 bar ozmotik basınç seviyesine kadar önemli bir azalma göstermediğini bildirmişlerdir. Kaya ve ark. (2006) da benzer şekilde ayçiçeğinde -9 bar

seviyesine kadar önemli bir azalma göstermediğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte mısır gibi kuraklığa hassas bitkilerde -2 bar ozmotik basınç seviyelerinden itibaren çimlenmede önemli azalmalar görülebilmektedir (Farsiani ve Ghobadi, 2009). Bitki türlerinin kuraklığa tepkileri birbirinden oldukça farklı olup, aynı türün çeşitleri arasında da önemli farklılıklar gözlenebilmektedir (Okcu ve ark., 2005; Farsiani ve Ghobadi, 2009; Mut ve Akay, 2010; Çarpıcı ve Erdel, 2015; Uğur, 2015).

Çizelge 1. Çimlenme oranı, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi ve kök uzunluğuna ait kareler ortalamaları ve deneme faktörlerin istatistiksel önemlilikleri

Table 1. Mean square values and statistical significations of experimental factors for germination rate, germination index, mean germination time and root length

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması			
		Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme İndeksi	Ortalama Çimlenme Süresi (gün)	Kök Uzunluğu (mm)
Çeşit	2	721.250*	0.810	5.081**	419.377*
Hata 1	9	138.056	0.291	0.563	83.971
Kuraklık Düzeyi	4	9063.125**	74.789**	314.818**	15533.776**
Çeşit X Kuraklık	8	521.250**	0.364**	2.686*	159.803
Hata 2	36	159.931	0.157	1.165	222.385

\* 0.05 hata sınırları içerisinde önemli, \*\* 0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Çeşit x kuraklık düzeyi açısından sonuçlar değerlendirildiğinde, tüm çeşitler için çimlenme oranlarında -12 bar ozmotik basınç seviyesine kadar önemli bir azalma meydana gelmemiştir. Kuraklık düzeyi -12 bar seviyesine çıktığında ise tüm çeşitlerin çimlenme oranı önemli derecede azalmıştır. -12 bar ozmotik basınç seviyesinde Eren çeşidi %57.5 ile İptaş (%20.0) ve Karadağ (%11.3) çeşitlerinden daha yüksek bir çimlenme oranına sahip olmuştur (Şekil 1).

Çimlenme indeksinde çeşitler arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık

meydana gelmezken, kuraklık düzeylerinin ve çeşit x kuraklık interaksiyonun önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çeşitlere bağlı olarak belirlenen ortalama çimlenme indeksi değerleri 2.7 ile 3.0 arasında değişim göstermiş, ancak bu değişim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kuraklık düzeylerine bağlı olarak çimlenme indeksi değerleri 0.05 ile 6.8 arasında değişim göstermiştir.

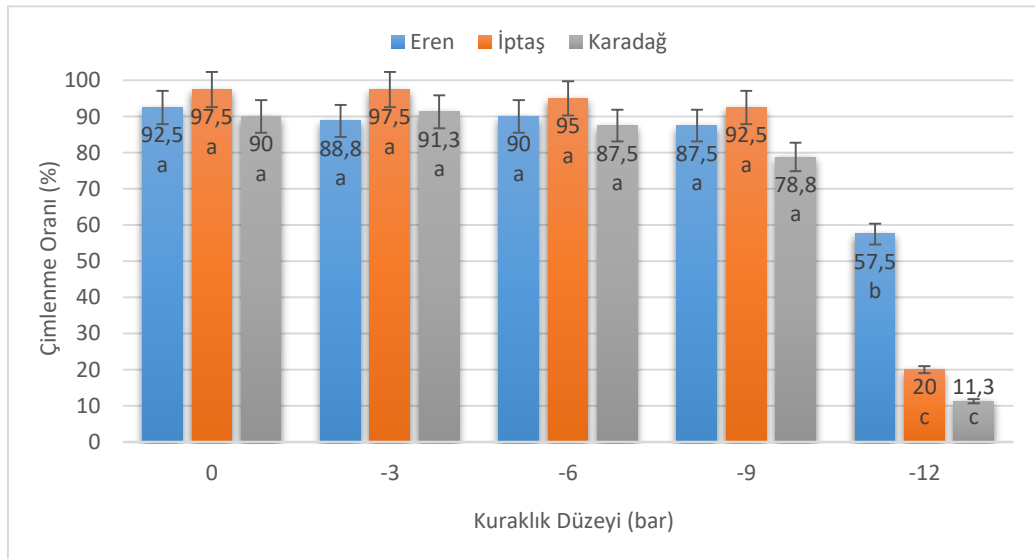
Çizelge 2. Çimlenme oranı, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi ve kök uzunluğu üzerine çeşitlerin ve kuraklık düzeylerinin etkisi

Table 2. Effects of cultivars and drought levels on germination rate, germination index, mean germination time and root length

	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme İndeksi	Ortalama Çimlenme Süresi (gün)	Kök Uzunluğu (mm)
<b>Çeşit</b>				
Eren	83.3 a <sup>+</sup>	3.00	9.0 b	67.6 a
İptaş	80.5 a	3.00	8.9 b	64.6 a
Karadağ	71.8 b	2.70	9.8 a	58.6 b
<b>Kuraklık Düzeyi</b>				
0 bar	93.3 a <sup>*</sup>	6.80 a	3.0 e	108.1 a
-3 bar	92.5 a	3.70 b	5.4 d	88.2 b
-6 bar	90.8 a	2.01 c	9.7 c	65.3 c
-9 bar	86.3 a	1.40 d	12.3 b	34.7 d
-12 bar	29.6 b	0.05 e	15.7 a	21.7 e

<sup>+</sup>Aynı sütun içerisinde farklı harfle gösterilen çeşit ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır

<sup>\*</sup>Aynı sütun içerisinde farklı harfle gösterilen kuraklık düzeyi ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır



Şekil 1. Çimlenme oranı üzerine çeşit x kuraklık düzeyi interaksiyonunun etkisi

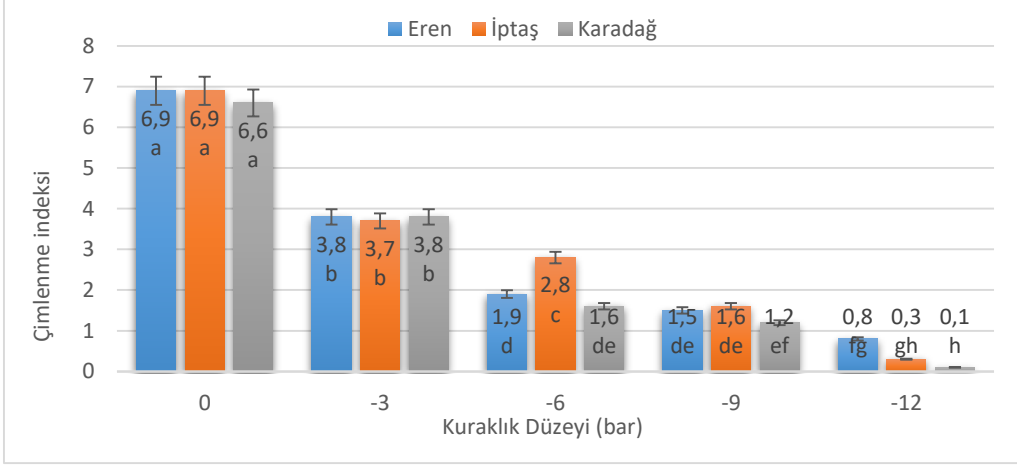
Figure 1. Effect of cultivar x drought level interaction on germination rate

En yüksek çimlenme indeksi değeri kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Çimlenme indeksi değerleri -3, -6, -9, -12 bar kuraklık düzeyleri için, sırasıyla 3.7, 2.1, 1.4 ve 0.05 olarak hesaplanmıştır. Kuraklık düzeyindeki her bir artış bir öncekine göre önemli derecede azalmaya neden olmuştur (Çizelge 2). Çimlenme indeksi değeri tohumların

çimlenme düzenini göstermektedir (Gürbüz ve ark., 2009). Çimlenme indeksindeki azalma tohumların hem oransal olarak çimlenme yeteneğinin azaldığını hem de çimlenme süresinin uzadığına işaret etmektedir. Buna göre çimlenme ortamında artan stres koşulları çimlenme indeksindeki azalması sonucunu doğurmuştur. Artan kuraklık seviyesine bağlı

olarak farklı bitki türlerinde çimlenme indeksinin azaldığı diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Gürbüz ve ark., 2009; Aydın ve ark., 2015). Çeşit x kuraklık düzeyi interaksyonuna ait ortalama değerler

incelendiğinde (Şekil 2), kontrol ve -3 bar ozmotik basınç seviyesinde tüm çeşitlerin istatistiksel olarak benzer grupta yer aldığı görülmektedir.



Şekil 2. Çimlenme indeksi üzerine çeşit x kuraklık düzeyi interaksyonunun etkisi

Figure 2. Effect of cultivar x drought level interaction on germination index

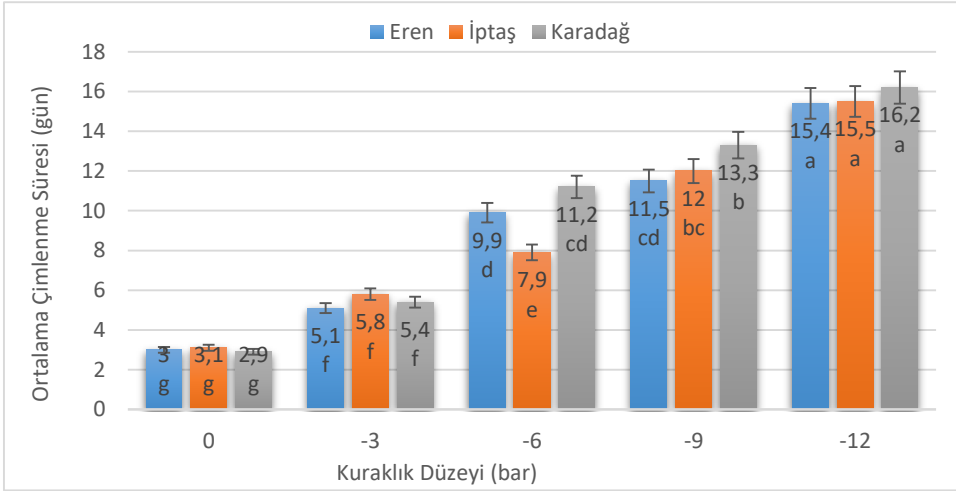
Ozmotik basınç seviyesi -6 bar'a çıktığında ise İptaş çeşidinin diğer iki çeşitten daha yüksek çimlenme indeksi değerine sahip olduğu görülmektedir. -9 bar ozmotik basınç seviyesinde ise tüm çeşitlerin benzer grupta yer aldığı görülmüştür. En yüksek doz olan -12 bar ozmotik basınç seviyesinde ise Eren çeşidinin çimlenme indeksi değeri Karadağ çeşidinden istatistiksel olarak daha yüksek olmuştur. İptaş çeşidi ise iki çeşidin arasında yer almıştır. Bu durum çeşitlerin farklı kuraklık seviyelerinde tepkilerinin farklılık gösterdiğine işaret etmektedir. De Leonardis ve ark. (2007)'nin da belirttiği gibi, bitkilerin kuraklığa tepkileri spesifik ve genotipe bağlıdır. -3 bar ozmotik basınç seviyesinde çeşitlerin çimlenme indeksindeki azalma %42.4 ile %46.4 arasında değişim göstermiştir. Ozmotik basınç düzeyinin -6 bar'a çıkması Karadağ ve Eren çeşitlerinin çimlenme indeksi kontrole göre %70'in üzerinde bir azalmaya neden olurken, İptaş çeşidinde %60'lık bir azalmaya neden olmuştur. Ozmotik basıncın -9 bar'a çıkması çeşitlerin çimlenme indeksinde %76.8 ile %81.8 arasında, -12 bar'a çıkması ise %88.4 ile %98.5 arasında bir azalmaya neden olmuştur. Bu durum tüm kuraklık seviyelerinin çimlenme oranı ve süresinde önemli azalmaya neden olduğunu, özellikle, -6 bar ve üzerindeki

ozmotik basınç düzeylerinde çimlenme başlasa bile sağlıklı ve yeknesak bir çıkışın sağlanamayacağı şeklinde yorumlanabilir.

Varyans analiz sonuçları kuraklık düzeylerinin ve çeşitlerin etkisinin ortalama çimlenme süresi üzerinde %1 düzeyinde, çeşit x kuraklık düzeyi interaksyonunun etkisinin ise %5 önem seviyesinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Çizelge 1). Ortalama çimlenme süresi çeşitlere bağlı olarak 8.9 gün ile 9.8 gün arasında değişmiştir. Karadağ çeşidinin ortalama çimlenme süresi 9.8 gün ile diğer iki çeşitten daha uzun olmuştur. Kuraklık stresi altında çimlenme süresinin çeşitlere bağlı olarak değiştiği Okçu ve ark. (2005) ve Khodarahmpour (2011) tarafından da bildirilmiştir. Kuraklık düzeyindeki artışa bağlı olarak ortalama çimlenme süresi önemli derecede uzamıştır Kontrol uygulamasında 3.0 gün olan ortalama çimlenme süresi -12 bar ozmotik basınç seviyesinde 15.7 güne çıkmıştır. Ozmotik basınç seviyesindeki her bir basamak artış ortalama çimlenme süresini bir öncekine göre istatistiksel olarak önemli derecede arttırmıştır (Çizelge 2). Bulgularımızla paralel olarak, artan kuraklık seviyelerinde çimlenme süresinin uzadığı diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Gürbüz ve ark., 2009; Khodarahmpour, 2011;

Castroluna ve ark. 2014; Aydın ve ark., 2015). Ortalama çimlenme süresi çeşit × kuraklık düzeyi interaksiyonu açısından

değerlendirildiğinde, genel olarak tüm çeşitler düşük ozmotik basınç düzeylerinde daha hızlı bir çimlenme göstermiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Ortalama çimlenme süresi üzerine çeşit × kuraklık düzeyi interaksiyonunun etkisi

Figure 3. Effect of cultivar × drought level interaction on mean germination time

Çeşitlerin aynı ozmotik basınç seviyelerinde genel olarak ortalama çimlenme süreleri istatistiksel olarak benzer olurken, sadece Karadağ çeşidi -6 bar ozmotik basınç düzeyinde İptaş çeşidinden, -9 bar ozmotik basınç düzeyinde de Eren çeşidinden istatistiksel olarak daha geç çimlenmiştir (Şekil 3). Çimlenme süresinin uzaması özellikle geç ekimlerde vejetasyon süresinin kısalmaması, ilkbaharda bitkilerin yüksek sıcaklık stresine girmesi, tohumların daha uzun süre olumsuz çevre şartlarına maruz kalması gibi şartları oluşturabileceğinden yetiştiricilik açısından istenmez. Özellikle stres koşullarının bulunmadığı koşullarda 3 günde çimlenen tohumların, -12 bar ozmotik basınç düzeyinde çimlenme süresinin 15 güne kadar uzaması müdümlük yetiştiriciliği açısından ciddi sıkıntıların olabileceğini göstermektedir. Ozmotik basınç düzeyinin -6 bar düzeyinde olduğu koşullarda ise İptaş çeşidinin çimlenme süresi açısından daha avantajlı olduğu söylenebilir.

Kök uzunluğu değerleri üzerine çeşitlerin %5 düzeyinde, kuraklık düzeylerinin ise %1 düzeyinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Çeşit × kuraklık düzeyi interaksiyonunun etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). Çeşitlere bağlı olarak belirlenen ortalama kök

uzunlukları 58.6 mm ile 67.6 mm arasında değişim göstermiştir. Eren en yüksek kök uzunluğu değerine sahip çeşit olurken, bunu İptaş ve Karadağ çeşitleri takip etmişlerdir. Eren çeşidinde belirlenen kök uzunluğu değeri Karadağ çeşidinden istatistiksel olarak daha yüksek olurken, İptaş çeşidi ile istatistiksel olarak farksız olmuştur. İptaş çeşidine ait ortalama kök uzunluğu değeri diğer iki çeşit ile istatistiksel olarak farksız bulunmuştur (Çizelge 2). Farklı bitki türleri ile yapılan kuraklık çalışmalarında aynı türün farklı çeşitlerinin kuraklığa farklı tepkiler gösterdiği yönündeki bulgular diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Okcu ve ark., 2005; Mut ve Akay, 2010; Çarpıcı ve Erdel, 2015). Kuraklık stresine dayanıklılıkta, daha uzun ve daha güçlü kök sistemine sahip çeşitlerin daha avantajlı oldukları ve bu nedenle kuraklık stresinin olduğu koşullarda bu çeşitlerin tercih edilmesi gerektiği bildirilmektedir (Yağmur ve Kaydan, 2008; Uğur, 2015). Bu bağlamda, kök uzunluğu daha yüksek olan Eren ve İptaş çeşitlerinin, Karadağ çeşidine göre kuraklık stresi altında daha başarılı olacağı söylenebilir. Artan kuraklık düzeyleri tüm çeşitlerin kök uzunluklarında önemli azalmaya neden olmuştur (Çizelge 2) Kuraklık düzeylerine bağlı olarak kök uzunluğu değerleri 27.1 mm ile 108.1 mm arasında değişim göstermiştir.

Kuraklık düzeyindeki her artış bir öncekine göre kök uzunluğunu istatistiksel olarak önemli derecede azaltmıştır. Ortalama kök uzunluğu -3, -6, -9 ve -12 bar düzeylerinde kontrole göre, sırasıyla, %18.4, %39.6, %67.9 ve %79.9 azalmıştır. Benzer sonuçlar farklı bitki türleri üzerinde yürütülen değişik araştırmalarda da belirlenmiştir (Okçu ve ark., 2005; Mut ve Akay, 2010; Muscolo ve ark., 2014; Partheeban ve ark. 2017). Bununla birlikte farklı kuraklık düzeylerinin yoncada fide gelişimine etkisini araştıran Çarpıcı ve Erdel (2015), düşük dozlardaki PEG uygulamalarının kök gelişimini arttırabildiğini bildirmişlerdir. Bu durum farklı bitki türlerinin kuraklık düzeylerine tepkisinin farklı olabileceğini ortaya koymaktadır.

Sürgün uzunlukları çeşitlere bağlı olarak 49.7 mm ile 60.2 mm arasında değişim göstermiş ve bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizege 3-4). İptaş en yüksek sürgün uzunluğu değerine sahip çeşit olurken, bunu Eren ve Karadağ çeşitleri takip etmişlerdir. İptaş çeşidinde ait ortalama sürgün uzunluğu değeri Eren ile istatistiksel olarak farksız olurken, Karadağ çeşidinden istatistiksel olarak daha yüksek olmuştur. Farklı türlerde yapılan çalışmalarda

genotiplere bağlı olarak kuraklık stresine bağlı olarak farklılık gösterdiği diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Okçu ve ark., 2005; Mut ve Akay, 2010; Çarpıcı ve Erdel, 2015; Uğur, 2015; Petrovic ve ark., 2016; Partheeban ve ark. 2017). Artan kuraklık düzeyleri tüm çeşitlerin sürgün uzunluklarında istatistiksel olarak önemli azalmaya neden olmuştur (Çizelge 3). Kuraklık düzeylerine bağlı olarak sürgün uzunluğu değerleri 11.3 mm ile 112.1 mm arasında değişim göstermiştir. Kuraklık düzeyindeki her artış bir öncekine göre kök uzunluğunu istatistiksel olarak önemli derecede azaltmıştır (Çizelge 4). Sürgün uzunlukları -3, -6, -9 ve -12 bar kuraklık düzeylerinde kontrole göre, sırasıyla, %21.8, %61.6, %78.1 ve %89.9 azalmaya neden olmuştur. Bu durum ilk kuraklık düzeyinden itibaren kuraklık koşullarının mürdümüğün sürgün gelişimi için ciddi bir stres ortamı oluşturduğunu göstermektedir. Çimlenme ortamında ozmotik potansiyelin azalmasına bağlı olarak sürgün gelişiminin azaldığı diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Kaya ve ark., 2006; Farsiani ve Ghobadi, 2009; Ghorbanpour ve ark., 2011; Çarpıcı ve Erdel, 2015; Fallahi ve ark., 2015; Uğur, 2015; Gheidary ve ark., 2017).

Çizelge 3. Sürgün uzunluğu, kök yaş ağırlığı, sürgün yaş ağırlığı ve kuraklık tolerans indeksine ait kareler ortalamaları ve deneme faktörlerin istatistiksel önemlilikleri

Table 3. Mean square values and statistical significations of experimental factors for shoot length, fresh root weight, fresh shoot weight and drought tolerance index

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması			
		Sürgün Uzunluğu	Kök Yaş Ağırlığı	Sürgün Yaş Ağırlığı	Kuraklık Tolerans İndeksi
Çeşit	2	607.784*	0.056	0.387*	161.161**
Hata 1	9	140.933	0.076	0.089	15.575
Kuraklık Düzeyi	4	21996.772**	4.942**	11.564**	18403.334**
Çeşit X Kuraklık	8	262.489	0.025	0.264*	129.530**
Hata 2	36	126.587	0.075	0.089	26.111

\* 0.05 hata sınırları içerisinde önemli, \*\* 0.01 hata sınırları içerisinde önemli



Çizelge 4. Sürgün uzunluğu, kök yaş ağırlığı, sürgün yaş ağırlığı ve kuraklık tolerans indeksi üzerine çeşitlerin ve kuraklık düzeylerinin etkisi

Table 4. Effects of cultivars and drought levels on shoot length, fresh root weight, fresh shoot weight and drought tolerance index

	Sürgün Uzunluğu (mm)	Kök Yaş Ağırlığı (mg)	Sürgün Yaş Ağırlığı (mg)	Kuraklık Tolerans İndeksi
<b>Çeşit</b>				
Eren	57.5 ab <sup>+</sup>	0.7	1.1 a	37.1 b
İptaş	60.2 a	0.6	1.0 ab	37.1 b
Karadağ	49.7 b	0.6	0.9 b	42.4 a
<b>Kuraklık Düzeyi</b>				
0 bar	112.1 a *	1.6 a *	2.5 a *	100.0 a *
-3 bar	88.06 b	0.9 b	1.5 b	54.4 b
-6 bar	43.0 c	0.4 c	0.8 c	25.7 c
-9 bar	24.5 d	0.2 cd	0.4 d	14.3 d
-12 bar	11.3 e	0.04 d	0.03 e	1.7 e

<sup>+</sup>Aynı sütun içerisinde farklı harfle gösterilen çeşit ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır

<sup>\*</sup>Aynı sütun içerisinde farklı harfle gösterilen kuraklık düzeyi ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır

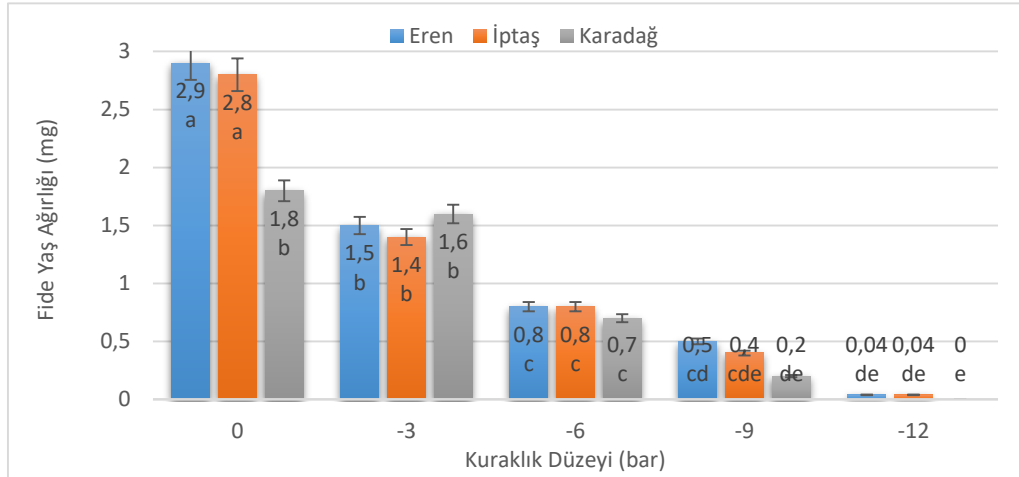
Kök yaş ağırlığı üzerine kuraklık düzeylerinin düzeyinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Kök yaş ağırlığı üzerine çeşit ve çeşit x kuraklık düzeyi interaksyonun etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Çeşitlere bağlı olarak belirlenen ortalama kök yaş ağırlıkları 0.6 mg ile 0.7 mg arasında değişim göstermiş olup, çeşitler arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4). Kök uzunluklarının çeşitlere bağlı olarak önemli farklılıklar göstermesine rağmen kök yaş ağırlıklarının farksız olması oluşan kök sayısının ve oluşan köklerin kalınlığının farklılık göstermesinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim Pratap ve Sharma (2010) farklı kuraklık stresi düzeylerinde lateral kök sayısının önemli derecede değiştiğini bildirmektedir. Artan kuraklık düzeyleri tüm çeşitlerin kök yaş ağırlıklarında önemli azalmaya neden olmuştur. Kuraklık düzeylerine bağlı olarak kök yaş ağırlığı değerleri 0.04 mg ile 1.6 mg arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaş kök ağırlığı değeri kontrol uygulamasında elde edilirken, artan ozmotik basınç düzeyleri kök yaş ağırlığında önemli düşümlere neden olmuştur. Kontrol ve -3 bar ozmotik basınç düzeyinde belirlenen kök yaş ağırlığı değerleri, daha yüksek düzeydeki kuraklık seviyelerinde belirlenen değerlerden istatistiksel olarak

daha yüksek olmuştur. -6 bar ile -9 bar ve -9 bar ile -12 bar düzeylerinde belirlenen kök yaş ağırlığı değerleri ise istatistiksel olarak benzer grupta yer almıştır (Çizelge 4). Artan kuraklık seviyelerine bağlı olarak kök ağırlığının azaldığı yönündeki bulgularımız Okçu ve ark. (2005), Farsiani ve Ghobadi (2009) ve Uğur (2015)'un bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Varyans analiz sonuçları, sürgün yaş ağırlığı değerleri üzerine çeşitlerin %5 düzeyinde, kuraklık düzeylerinin ve çeşit x kuraklık düzeyi interaksyonun ise %1 düzeyinde önemli etkiye sahip olduğu ortaya koymuştur (Çizelge 3). Çeşitlere bağlı olarak belirlenen ortalama sürgün yaş ağırlıkları 0.9 mg ile 1.1 mg arasında değişim göstermiştir. Eren en yüksek sürgün yaş ağırlığı değerine sahip çeşit olurken, bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan İptaş izlemiş, Karadağ çeşidi ise bunları takip etmiştir. Eren çeşidinde belirlenen sürgün yaş ağırlığı değeri Karadağ çeşidinden istatistiksel olarak daha yüksek olurken, İptaş çeşidine ait ortalama sürgün yaş ağırlığı değeri diğer iki çeşit ile istatistiksel olarak farksız bulunmuştur (Çizelge 3). Farklı kuraklık düzeylerinde çeşitlere bağlı olarak sürgün ağırlıklarının önemli farklılık gösterdiği yönündeki bulgularımız diğer araştırmacıların sonuçlarını destekler niteliktedir (Okçu ve ark., 2005; Farsiani ve Ghobadi, 2009; Uğur, 2015;

Molor ve ark., 2016). Kurağa dayanıklı çeşitlerin, hassas çeşitlerden genellikle daha yüksek sürgün yaş ağırlığına sahip oldukları ve kuraklık stresi altında sürgün yaş ağırlığının yüksek olmasının kurağa toleransta önemli bir özellik olduğu bildirilmektedir (Yağmur ve Kaydan, 2008; Balkan ve Gençtan, 2013). Kuraklık düzeylerine bağlı olarak sürgün yaş ağırlığı değerleri 0.03 mg ile 2.5 mg arasında değişim göstermiştir. Kuraklık düzeyindeki her artış bir öncekine göre sürgün yaş ağırlığında istatistiksel olarak önemli derecede azaltmıştır (Çizelge 4). Ortalama yaş sürgün ağırlığı -3, -6, -9 ve -12 bar osmatik basınç düzeylerinde kontrole göre sırasıyla %40, %68, %84 ve %99 oranında bir azalmaya neden olmuştur. Bu durum kuraklık koşullarında belli oranda çimlenme gerçekleşse bile kuraklığın devam etmesi durumunda sürgün gelişiminin sağlıklı şekilde devam edemeyeceğinin bir işaretidir. Almansouri ve ark. (2001)'nin, çimlenen sürgünlerde su alımının azalmasının sürgün büyümesini olumsuz yönde etkilediği yönündeki sonucunu destekler niteliktedir. Çeşit × kuraklık düzeyi açısından sonuçlar

değerlendirildiğinde, en yüksek sürgün yaş ağırlığı değerlerinin kontrol uygulamasında belirlendiği görülmektedir. Kontrol uygulamasında Karadağ çeşidinin sürgün yaş ağırlığı değeri diğer iki çeşitten istatistiksel olarak daha düşük olurken, Eren ve İptaş çeşitleri benzer grupta yer almıştır. Buna karşılık kontrol dışındaki tüm uygulamalarda aynı kuraklık düzeyi için çeşitlerin sürgün yaş ağırlığı değerleri istatistiksel olarak benzer olmuştur. Eren ve İptaş çeşitlerinde kuraklık düzeyindeki her bir artış sürgün yaş ağırlığını önemli derecede azaltırken, Karadağ çeşidinin sürgün yaş ağırlığı değeri -3 bar ozmotik basınç düzeyinde kontrolde belirlenen değerden farksız olmuştur (Şekil 4). Bu durum düşük kuraklık seviyelerine Karadağ'ın sürgün gelişimi açısından daha toleranslı olduğuna işaret etmektedir. Ozmotik basınç düzeyinin -6 bar ve üstü seviyelere çıkması tüm çeşitlerin sürgün ağırlığının önemli derecede azalmasına neden olmuştur. Farklı çeşitlerin farklı kuraklık düzeylerinde farklı tepkiler gösterebileceği Uğur (2015) tarafından da belirtilmiştir.



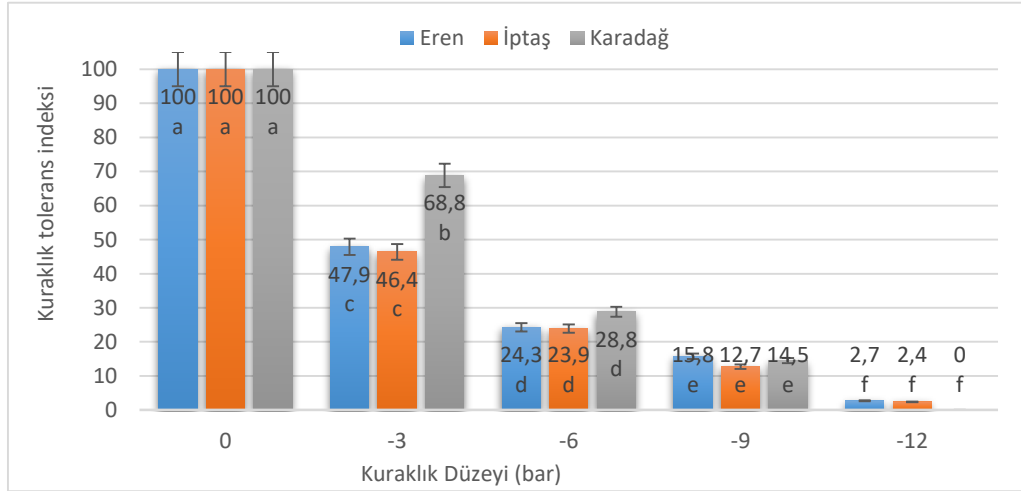
Şekil 4. Sürgün yaş ağırlığı üzerine çeşit × kuraklık düzeyi interaksiyonunun etkisi  
Figure 4. Effect of cultivar × drought level interaction on fresh shoot weight

Tolerans indeksi değerlerine uygulanan varyans analiz sonuçları kuraklık düzeylerinin, çeşitlerin ve çeşit × kuraklık düzeyi interaksiyonunun önemli etkiye sahip olduğu göstermiştir. Araştırmada hesaplanan tolerans indeksi değerleri, çeşitlere bağlı olarak 37.1 ile 42.4 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Karadağ çeşidine ait ortalama tolerans indeksi

değeri diğer iki çeşide göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Tolerans indeksi değeri fide toplam yaş ağırlıkları üzerinden hesaplanan ve farklı ozmotik basınç düzeylerinde belirlenen fide ağırlıklarının kontrol uygulamasında belirlenen değerle kıyaslanması esasına dayanır. Bu durumda fide gelişimi açısından Karadağ çeşidinin kuraklık

stresi koşullarında diğer çeşitlere göre daha toleranslı olduğu söylenebilir. Ancak doğru bir değerlendirme açısından çimlenme özellikleri ile birlikte değerlendirildikten sonra karar verilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Artan kuraklık düzeyi tolerans indeksi değerinin önemli derecede azalmasına neden olmuştur. Kuraklık düzeylerine bağlı olarak -3, -6, -9 ve -12 bar ozmotik basınç düzeyleri için belirlenen tolerans indeksi değerleri 54.4, 25.7, 14.3 ve 1.7 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4). Bu durum artan kuraklıkla birlikte hem toprak altı hem de toprak üstü aksamda kuru madde birikiminin önemli derecede azaldığını göstermektedir. Bu da sağlıklı ve cılız fide gelişimini ortaya çıkaracak ve sağlıklı bir tesis elde edilmesi mümkün olmayacaktır. Varyans analiz sonuçları (Çizelge 3) çeşit ×

kuraklık düzeyi interaksyonunun önemli olduğunu göstermiştir. Artan kuraklığa bağlı olarak tüm çeşitlerin tolerans indeksi azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 5). Tüm çeşitlerin aynı kuraklık düzeyleri için hesaplanan tolerans indeksi değeri, -3 bar ozmotik basınç düzeyinde Karadağ çeşidi hariç, istatistiksel olarak benzer grupta yer almıştır. -3 bar ozmotik basınç düzeyinde Karadağ çeşidi için belirlenen tolerans indeksi değeri diğer iki çeşide göre önemli derecede yüksek olmuştur. Bu durum -3 bar'a kadar olan ozmotik potansiyele sahip topraklarda Karadağ çeşidinin diğer iki çeşide göre daha avantajlı olabileceğini, ancak daha yüksek kuraklıklarda bu avantajın ortadan kalktığını göstermektedir.



Şekil 5. Kuraklık tolerans indeksi üzerine çeşit × kuraklık düzeyi interaksyonunun etkisi  
Figure 5. Effect of cultivar × drought level interaction on drought tolerance index

Araştırma bulgularının genel bir değerlendirmesi yapıldığında, en iyi fide gelişiminin tüm çeşitlerde kontrol uygulamasında elde edildiği, artan kuraklıkla birlikte tüm çeşitlerin fide gelişiminin önemli derecede azaldığı söylenebilir. Özellikle -6 bar üzerindeki kuraklık düzeylerinde fide gelişiminin çok ciddi derecede sekteye uğradığı görülmüştür. Her ne kadar mürdümük kuraklığa dayanıklı bir bitki olarak tanımlansa da, -6 bar ve üzerindeki kuraklık ortamının mevcut olduğu durumlarda başarılı bir üretimin tehlike altında olduğu söylenebilir. Bunun yanında bu çalışmada ortaya konan sonuçla sadece çimlenme ve

erken fide gelişim dönemi ile sınırlıdır. Bundan sonraki araştırmaların planlanmasında farklı dönem ve sürelerdeki kuraklıkların mürdümük gelişimi üzerine etkilerinin araştırılması elde ettiğimiz bulguların geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak, yukarıda özetlenenlerde anlaşılacağı gibi, çimlenmenin yeterli düzeyde gerçekleşmesi başarının ilk basamağını oluşturması nedeniyle kurak koşullarda daha yüksek çimlenme oranına sahip olan ve istatistiksel olarak aynı grupta yer alan Eren ve İptaş çeşitlerinin öncelikli olarak tavsiye edilebileceği söylenebilir. Bununla birlikte kuraklığa tolerans indeksi değeri açısından en iyi

ortalama değere sahip olan Karadağ çeşidinin tercih sebebi olabileceği fikrini verse de, bu yüksek değere sahip olması -3 bar kuraklık seviyesinde diğer çeşitlerden daha yüksek değere sahip olmasından kaynaklıdır. Daha yüksek dozlarda diğer çeşitlerle benzer veya daha düşük değerlere sahip olmuştur. Bu nedenle daha yüksek kuraklık seviyelerinde Eren ve İptaş çeşitlerinin daha doğru bir seçim olacağını söylemek mümkündür.

### Teşekkür

Bu çalışma, Hilal Aslan tarafından 2018 yılında tamamlanan “Bazı Yaygın Mürdümük Çeşitlerinde Kuraklık Stresinin Çimlenme Ve Fide Gelişimine Etkisi” başlıklı, Mustafa Kemal Üniversitesi 1028 kod numaralı yüksek lisans tezinin makalesidir.

### Kaynaklar

- Akinci İE, Çalışkan Ü, 2010. Kurşunun bazı yazlık sebzelerde tohum çimlenmesi ve tolerans düzeyleri üzerine etkisi. *Ekoloji*, 19(74): 164-172.
- Almansouri M, Kinet JM, Lutts S, 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, 231: 243-254.
- Atış İ, 2011. Bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) çeşitlerinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2):58-67.
- Aydın M, Hossein Pour A, Haliloğlu K, Tosun M, 2015. Effect of putrescine application and drought stress on germination of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Atatürk University Journal of the Agricultural Faculty*, 46(1): 43-45.
- Balkan A, 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., Mavi K, 2018. Bazı ekmeklik buğday genotiplerinde tuz ve kuraklık stresinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1): 85-96.

- Campbell CG, 1997. Grass pea. *Lathyrus sativus* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.18. Institute of plant genetics and crop plant research gatersleben /International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.
- Carpıcı EB, Celik N, Bayram G, 2009. Effects of salt stress on germination of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 8(19): 4918-4922.
- Castroluna A, Ruiz OM, Quiroga AM, Pedranzani HE, 2014. Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of *Medicago sativa* L. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(1): 39-50.
- Çalikoğlu M, Tilki F, 2002. Orman ağacı tohumlarında çimlenme- su stresi ilişkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52(1): 77-88.
- Çarpıcı BE, Erdel B, 2015. Bazı yonca çeşitlerinde (*Medicago sativa* L.) kuraklık stresinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Derim*, 32 (2):201-210.
- Çırak C, Esendal E, 2006. Soyada kuraklık stresi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 231-237.
- De Leonardis AM, Marone D, Mazzucotelli E, Neffar F, Rizza F, Di Fonzo N, Cattivelli L, Mastrangelo AM, 2007. Durum wheat genes up-regulated in the early phases of cold stress are modulated by drought in a developmental and genotype dependent manner. *Plant Science*, 172(5): 1005-1016.
- Ellis RH, Roberts EH, 1980. Towards a rational basis for seed testing seed quality. (Ed. P. Hebblethwaitei). *Seed Production*. Butterworths, London, pp.605-635.
- Fallahi HR, Fadaeian G, Gholami M, Daneshkhah O, Hosseini FS, Aghhavanishajari M, Samadzadeh A, 2015. Germination response of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and arugula (*Eruca sativa* L.) to osmotic and salinity stresses. *Plant Breeding and Seed Science*, 71: 97-108.
- Farsiani A, Ghobadi ME, 2009. Effects of PEG and NaCl stress on two cultivars of corn (*Zea mays* L.) at germination and early

- seedling stages. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 3(9): 442-445.
- Gheidary S, Akhzari D, Pessarakli M, 2017. Effects of salinity, drought, and priming treatments on seed germination and growth parameters of *Lathyrus sativus* L. Journal of Plant Nutrition, 40(10): 1-23.
- Ghorbanpour A, Mami Y, Ashournezhad M, Abri F, Amani M, 2011. Effect of salinity and drought stress on germination of fenugreek. African Journal of Agricultural Research, 6(24): 5529-5532.
- Gunes A, Cicek N, Inal A, Alpaslan M, Eraslan F, Guneri E, Guzelordu T, 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and postanthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant Soil Environ, 52: 368- 376.
- Gürbüz A, Kaya M, Divanlı Türkan A, Kaya G, Kaya MD, Çiftçi CY, 2009. Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinde tane iriliği ve kuraklık stresinin çimlenme özelliklerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(1): 69-74.
- Karadağ Y, 2009. Mürdümük. (Ed. R. Avcioglu, R. Hatipoğlu, Y. Karadağ), Yembitkileri: Baklagil Yembitkileri, (Cilt II), Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayını, İzmir, 471-479.
- Kaufman MR, Eckard AN, 1971. Evolution of stress control by polyethylene glycol by analysis of gulation. Plant Physiology, 47: 453-456.
- Kaya MD, Okçu G, Atak M, Çıkılı Y, Kolsarıcı Ö, 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24: 291-295.
- Khodahmpour Z, 2011. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) on germination indices in corn (*Zea mays* L.) hybrids. African Journal of Biotechnology, 10 (79): 18222-18227.
- Kökten K, Karaköy T, Bakoglu A, Akçura M, 2010. Determination of salinity tolerance of some lentil (*Lens culinaris* M.) varieties. Journal of Food, Agriculture & Environment, 8(1): 140- 143.
- Molor A, Khajidsuren A, Myagmarjav U, Vanjidorj E, 2016. Comparative analysis of drought tolerance of *Medicago* L. plants under stressed conditions. Mongolian of Agricultural Sciences, 19(03): 32-40.
- Mujtaba SM, Faisal S, Khan MA, Mumtaz S, Khanzada B, 2016. Physiological studies on six wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought stress tolerance at seedling stage. Agricultural Research & Technology: Open Access Journal, 1(2): 1-6.
- Musco A, Sidari M, Anastasi U, Santonoceto C, Maggio A, 2014. Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes. Journal of Plant Interactions, 9(1): 354-363
- Mut Z, Akay H, 2010. Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 16(4): 459-467.
- Okçu G, Kaya MD, Atak M, 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29: 237-242.
- Pantola S, Vibhuti Bargali K, Bargali SS, 2017. Screening of three leguminous crops for drought stress tolerance at germination and seedling growth stage. Indian Journal of Agricultural Sciences, 87(4): 467-472.
- Partheeban C, Chandrasekhar CN, Jeyakumar P, Ravikesavan R, Gnanam R, 2017. Effect of PEG induced drought stress on seed germination and seedling characters of maize (*Zea mays* L.) genotypes. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(5): 1095-1104.
- Petrovic G, Jovicic D, Nikolic Z, Tamindzic G, Ignjatov M, Milosevic D, Milosevic B, 2016. Comparative study of drought and salt stress effects on germination and seedling growth of pea. Genetika, 48(1): 373-381.
- Piwowarczyk B, Kaminska I, Rybinski W, 2014. Influence of PEG generated osmotic stress on shoot regeneration and some biochemical parameters in *Lathyrus*

- culture. Czech Journal Genetic Plant Breed, 50(2): 77-83.
- Pratap V, Sharma YK, 2010. Impact of osmotic stress on seed germination and seedling growth in black gram (*Phaseolus mungo*). Journal of Environmental Biology, 31(5): 721-726.
- Saxena NP, Johansen C, Saxena MC, Silim SN, 1993. Selection for drought and salinity tolerance in cool-season food legumes (Ed. KB. Singh, MC. Saxena). Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. United Kingdom, 245-270.
- Uğur Ö, 2015. Kuraklık stresinin arpada ilk gelişme dönemi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Van.
- Van der Berg L, Zeng YJ, 2006. Response of South African indigenous grass species to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. South African Journal of Botany, 72:284-286.
- Wang YR, Yu L, Nan ZB, Liu YL, 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. Crop Science, 44(2): 535-541.
- Yağmur M, Kaydan D, 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African Journal of Biotechnology, 7(13): 2156-2162.