

Kuraklık stresine maruz bırakılan doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) orijinlerinde bazı stres parametrelerinin araştırılması

Investigation of some stress parameters in oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) origins exposed to drought stress

Sümeýra IŞIK ÇAKMAKÇI^{1*}, Sinan GÜNER²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Silvikültür Anabilim Dalı, Artvin, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1433806

Sorumlu yazar / Corresponding author

Sümeýra IŞIK ÇAKMAKÇI

e-mail: sumeyra082008@hotmail.com

Geliş tarihi / Received

08.02.2024

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

18.03.2024

Kabul Tarihi / Accepted

18.03.2024

Elektronik erişim / Online available

15.05.2024

Anahtar kelimeler:

Kuraklık stresi

Hidrojen peroksit

Lipid peroksidasyonu

İklim değişikliği

Keywords:

Drought stress

Hydrogen peroxide

Lipid peroxidation

Climate change

Özet

İklim değişikliği ile birlikte kuraklığın artması sonucu ormanların olumsuz yönde etkilenmesi beklenmektedir. Ormanları oluşturan fertler arasında kuraklık stresine dayanıklı genleri tespit etmek, kuraklığa karşı dayanıklı türleri geliştirmek ve tolerans mekanizmalarının belirlenmesi gibi çalışmaları yapmak kuraklık tehlikesi karşısında günümüzde bir kat daha önem kazanmıştır. Aynı zamanda orijinlerin kuraklığa karşı toleranslarının karşılaştırılması gelecekteki tohum transferi ve ıslah çalışmaları için de önem arz etmektedir. Bu çalışmada kuraklık stresine maruz bırakılan Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) orijinlerinin kuraklık stresine verdiği tepkilerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bolu, İstanbul, Zonguldak ve Giresun orijinli tohumlar 2021 yılında temin edilmiştir. Tohumlar Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Serasında ekilmiş ve çimlendikten sonra 2 yaşına kadar bakımları ve 2023 yılının temmuz ayından itibaren 2 yaşına gelen fidanlara kuraklık stresi uygulamaları yapılmıştır. Fidanlara kuraklık stresi uygulamak için üç farklı sulama rejimi (günde 1 sulanan (kontrol), 2 günde 1 sulanan, hiç sulanmayan) oluşturulmuştur. 15 gün süren ve kuraklık stresi uygulamalarından sonra fidanlardan alınan yaprak numuneleriyle hidrojen peroksit (H_2O_2) ve lipid peroksidasyonunun son ürünü olan melondialdehit (MDA) analizleri yapılmıştır. Sulama rejimlerine göre gruplandırılan orijinlerin, kuraklık stresine maruz bırakılan gruplarında, kontrol gruplarına kıyasla H_2O_2 içeriğinin ve MDA seviyesinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış Giresun ve Bolu orijinlerinde en fazla; Zonguldak ve İstanbul orijinlerinde azdır. Sonuç olarak, kuraklık stresine maruz bırakılan orijinler arasında en toleranslı olanın İstanbul orijini olduğu önerilmektedir.

Abstract

It is expected that forests will be negatively affected as a result of increased drought due to climate change. Conducting studies such as identifying genes resistant to drought stress among the members of forests, developing species resistant to drought, and determining tolerance mechanisms have become even more important in the face of drought danger. At the same time, comparing the drought tolerance of the origins is also important for future seed transfer and breeding studies. This study, it was aimed at determining the responses of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) origins exposed to drought stress. Seeds originating from Bolu, İstanbul, Zonguldak and Giresun were supplied in 2021. The seeds were planted in Artvin Çoruh University, Faculty of Forestry Greenhouse, after germination, they were cared for until they were 2 years old, and drought stress treatments were applied to the seedlings that turned 2 years old in July 2023. Three different irrigation regimes (watered once a day (control), watered once every two days, and no watered) were created to apply drought stress to the seedlings. After 15 days of drought stress applications, leaf samples taken from the seedlings were analyzed for hydrogen peroxide (H_2O_2) and melondialdehyde (MDA), the end products of lipid peroxidation. It was observed that the H_2O_2 content and MDA level increased in the groups exposed to drought stress of the origins grouped according to irrigation regimes, compared to the control groups. This increase is highest in Giresun and Bolu origins; It is less in Zonguldak and İstanbul origins. As a result, it is suggested that the İstanbul origin is the most tolerant among the origins exposed to drought stress.

GİRİŞ

Küresel iklim değışikliğinin sonucu olan küresel ısınmanın ortaya çıkardığı çevresel stresler (kuraklık, sel vb.) bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemektedir (Gill ve Tuteja 2010). İklim değışikliğiyle kuraklığın artması ve nüfus artışındaki yoğunluk sonucunda su kaynakları giderek tükenmektedir. Bu durum gelecekte önemli bir tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır (Turan 2018).

Bütün canlılar doğaları gereği çevreyle sürekli iletişim halindedirler. Çevrede uyumsuz şartlar meydana geldiğinde adaptasyon eksikliğinden dolayı stres koşullarıyla karşılaşırılar (Büyük ve ark. 2012). Stres, olağan ilerleyişindeki bir yapının işlevlerinde çevrenin etkisiyle sınırlamaya yönelmesi olarak tarif edilmektedir (Alam 1999).

Bitkide su eksikliğinin neden olduğu durum, kuraklık stresi olarak ifade edilmektedir (Levitt 1980). Kuraklık stresi, bitkinin su ihtiyacı tam olarak karşılanamadığında (örneğin, yeterli yağış veya sulama yoluyla) ve bitkinin normal işleyişı etkilendiğinde (örneğin, büyüme, fotosentez hızı, stoma iletkenliği) ortaya çıkmaktadır (Anjum ve ark. 2011). Kuraklık stresi, bitkilerde su ve besin maddesi emiliminde, fotosentez mekanizmasında, büyüme, gelişme ve üremede olumsuzluklara neden olmaktadır (Salisbury ve Ross 1994, Çepel 1995, Lambers ve ark. 1998). Ayrıca yapılan birçok çalışmada, kuraklık stresi altında artan süperoksit (O_2^-) üretim hızı lipid peroksidasyonuna, yağ asidi doygunluğuna ve sonuç olarak membranların tümüyle hasar görmesine sebep olduğu görülmüştür (Sgherri ve ark. 1996). Süperoksit tek başına çok fazla reaktif olmayıp, H_2O_2 ve hidroksil (OH^-) radikallerini meydana getirerek etkili oldukları ifade edilmektedir (Halliwell ve Gutteridge 1989).

Strese maruz bırakılan bitkilerde hidrojen peroksit (H_2O_2) içeriğinin arttığı belirtilmiştir (Hasanuzzaman ve ark. 2014). Ayrıca bitkinin stres toleransının önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Metabolizmada oluşan serbest radikaller, membranların yapısındaki doymamış yağ asitlerini etkileyerek lipid peroksidasyonuna sebep olmaktadır (Cheeseman ve

Slater 1993). Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin yaprak yapısındaki lipid peroksidasyonunun son ürünü olan malondialdehit (MDA) seviyesinin kuraklıkla birlikte yükseldiğini ifade etmişlerdir (Sairam ve ark. 1998, Çetin 2018).

Doğu kayını ormancılık açısından çok önemlidir. Öz odunu sert, güçlü ve darbelere karşı oldukça toleranslı olması sebebiyle birçok alanda da kullanılmaktadır (Kandemir ve Kaya 2009). Mobilya, kontrplak, parke, ambalaj sandığı, maden direği, odun kömürü, emprenye edildiği zaman travers imali ve yakacak odun olarak kullanılan değerli bir ağaç türüdür (URL-1). Ülkemizde doğu kayını Trakya'da Istranca dağı, Tekirdağ ve Belgrad ormanı, Ege ve Marmara Havzası ve Kuzey Anadolu'da geniş bir yayılış alanına sahiptir. Anadolu'nun güneyinde bulunan Adana Pos ormanlarında, Amanos dağlarının kuzeyinde, Maraş-Andırın kesiminde de yayılış göstermektedir (Saatçioğlu 1969, Kayacık 1980, Atalay 1992).

Kuraklık stresine karşı direnç gösterebilen ve yüksek ürün verme özelliğine sahip bitki türlerini tayin etmek için yapılan araştırmalar son zamanlarda artmaktadır. Islah çalışmalarında kuraklık stresine karşı dayanıklı bitki türlerinin üretilmesinde ve tercih edilmesinde, bitkilerin biyokimyasal, genetik ve fizyolojik açıdan metabolizmalarının araştırılması önem arz etmektedir (Yüksel ve Aksoy 2017). Bu çalışmada kuraklık stresi uygulanan kayın fidanlarında bazı önemli stres parametreleri (H_2O_2 , MDA) ölçülmüş ve hangi doğu kayını orijininin kuraklığa daha toleranslı olduğunun tespiti için bu çalışma yapılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Fidanların Yetiştirilmesi ve Analize Hazır Hale Getirilmesi

Çalışmada kullanılan kayın tohumları, kayının ülkemizde doğal yayılış gösterdiği Bolu, İstanbul, Zonguldak ve Giresun bölgelerinden 2021 yılında ilgili bölge müdürlükleri vasıtasıyla temin edilmiştir. Tohumların temin edildiği orijinlere ait genel bilgiler şu şekildedir;

- Bolu: Orman Bölge Müdürlüğü, Yığılca Orman İşletme Müdürlüğü, Karadere Orman İşletme Şefliği, 79 numaralı Bölme, Knd2 Meşceresi, 875 m. Doğu bakı, %35 Eğim.
- Zonguldak: Orman Bölge Müdürlüğü Alaplı Orman İşletme Müdürlüğü, Bendere Orman İşletme Şefliği, 63 numaralı Bölme, Knd3 Meşceresi, 500 m. Güneydoğu bakı, %32 Eğim.
- İstanbul: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Kanlıca Orman İşletme Müdürlüğü, Ömerli İşletme Şefliği, 93 numaralı Bölme, Knbc3 Meşceresi, 180 m. Kuzey bakı, %14 Eğim.
- Giresun: Orman Bölge Müdürlüğü, Ordu Orman İşletme Müdürlüğü, Akkuş Orman İşletme Şefliği 168 numaralı Bölme, Kndcd3 Meşceresi, 1290 m. Doğu bakı, %25 Eğim.



Şekil 1. Araştırmada kullanılan Doğu kayını orijinlerinin Türkiye haritasındaki konumları

Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi serasında tohumları ekmek için toprak karışımı hazırlanmıştır. Bu karışım oranlarıyla 5 birim orman toprağı, 1 birim perlit, 1 birim torf ve 1 birimde hayvan gübresi olacak şekilde oluşturulmuştur. Tohumlar polietilen tüplere 2021 yılı içerisinde ekilmiştir. Tohumların sulaması düzenli aralıklarla yapılmıştır. Tohumlar çimlenme süresince devamlı kontrol edilmiştir. Fidan haline geldikten sonra ot

alma ve sulama işlemi düzenli aralıklarla yapılmıştır. 2 yaşını doldurmuş Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) fidanlarına 2023 yılının temmuz ayından itibaren kuraklık stresi uygulamaları yapılmaya başlanmıştır. Kuraklık stresi uygulamaları 15 gün boyunca devam etmiştir. Fidanlar 3 ayrı sulama rejimine göre sıralanmıştır ve numaralandırılmıştır. Her bir orijin için sulama rejimleri (günde 1 sulanan (kontrol), 2 günde 1 sulanan ve hiç sulanmayan) oluşturulmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Orijinlerin sulama rejimlerine göre gruplandırılması

Sulama sistemleri	Orijinler			
	Bolu	İstanbul	Zonguldak	Giresun
Günde 1 sulanan (Kontrol)	1	4	7	10
2 Günde 1 sulanan	2	5	8	11
Hiç sulanmayan	3	6	9	12

Bazı Stres Parametrelerinin Belirlenmesi

Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Analizi

Kuraklık stresine maruz bırakılan fidanlardan yaprakları toplanıp, laboratuvar ortamına getirilmiştir. Yapraklardan 0.1 g örnek hazırlanarak sıvı azot ile homojenize yapılmıştır. Sonrasında üzerine %0.1 trikloro asetik asit eklenerek bir daha homojenize edilen örnekler 4 °C’de 10 dk süreyle 15000 g da santrifüj edilmiştir. Santrifüj yapılan numuneler 1 ml süpernatant alınıp, üzerine 1 ml potasyum fosfat tamponu (10 mM) ve 1.5 ml potasyum iyodür (1 mM) ilave edilmiştir. Bu karışımın absorbansı 390 nm’de spektrofotometrede okunup “ $\mu\text{molgram}^{-1}$ ” biriminde tespit edilmiştir (Velikova ve ark. 2000).

Lipid Peroksidasyon Analizi

Analiz için alınan 0.1 g yaprak numunelerin sıvı azot ile homojenizeleri sağlanıp, üstüne 1.8 ml %0.1’lik trikloro asetik asit ilave edilmiştir. Tekrar homojenize edilen örnekler 4 °C’de 10 dk boyunca 15000 g’de santrifüj yapılmıştır. Santrifüj edilen numuneler 1 ml süpernatant alınıp üzerlerine %0.5’lik tiobarbiturik asit içeren %20 trikloro asetik asit karışımından 4 ml ilave edilmiştir. Numuneler vorteksleni ve 95 °C’de 30 dk inkübe yapılmıştır. Devamında reaksiyonun durdurulması için numuneler buz banyosuna gönderilmiştir. Soğutulan örneklerin absorbansları spektrofotometrede spesifik 532

nm ve spesifik olmayan 600 nm’de ölçülmüştür. Delta absorbans (532 nm-600 nm) değerleri, $\Delta = \epsilon \cdot c \cdot l$ formülü kullanılarak belirlenmiştir (Kılıç 2020). ($\Delta = A_{532} - A_{600}$, ϵ : Absorbsiyon katsayısı ($155 \text{ mmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), c : konsantrasyon).

İstatistiksel Analizler

Elde edilen veriler “IBM SPSS Statistics Version 25” paket istatistik programı ile analiz edilmiştir. Tek Faktörlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Gruplar arasındaki farkı belirleyebilmek için ise post-hoc istatistik türlerinden Duncan testi kullanılmıştır ($p < 0.05$).

BULGULAR

Hidrojen Peroksit (H_2O_2)

Sulama rejimlerine göre gruplandırılan orijinler arasında H_2O_2 içeriği bakımından farklılık olup olmadığı varyans analizi ile ortaya konulmuş ve istatistiksel olarak anlamlı olarak ($p < 0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2’de görüldüğü gibi fidanların H_2O_2 içeriği yapılan varyans analizi sonucunda gruplar arası etkileşimleri istatistiksel olarak ($p < 0.05$) anlamlı bulunmuştur. H_2O_2 içeriğinin, ortalamaları ve standart sapmaları ile Duncan testine göre oluşan grupları verilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2. H_2O_2 ’ye ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Güven düzeyi (P)
Gruplar arası	44579664715.12	11.00	4052696792.28	117305.77	.000
H_2O_2 Gruplar içi	829155.52	24.00	34548.15		
Toplam	44580493870.64	35.00			

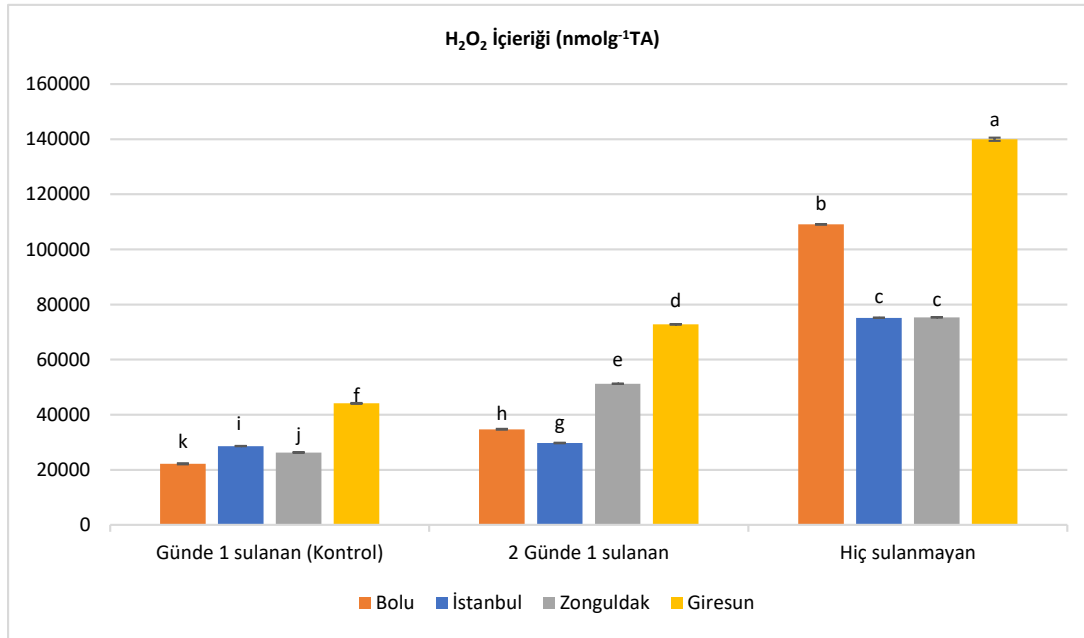
Çizelge 3. H_2O_2 ’ye ait Duncan testi sonuçları

Sulama grupları	Orijinler	Grup sayıları	Ortalama $\pm$ Standart sapma
Günde 1 sulanan (Kontrol)	Bolu	1	22182.22 $\pm$ 188.39 ^{k*}
	İstanbul	4	28607.78 $\pm$ 53.47 ⁱ
	Zonguldak	7	26305.56 $\pm$ 39.77 ^j
	Giresun	10	44146.67 $\pm$ 162.92 ^f
2 günde 1 sulanan	Bolu	2	34735.56 $\pm$ 117.39 ^h
	İstanbul	5	29754.44 $\pm$ 102.22 ^g
	Zonguldak	8	51206.67 $\pm$ 12.02 ^e
	Giresun	11	72804.44 $\pm$ 18.36 ^d
Hiç sulanmayan	Bolu	3	109091.11 $\pm$ 85.01 ^b
	İstanbul	6	75181.11 $\pm$ 33.39 ^c
	Zonguldak	9	75373.33 $\pm$ 70.24 ^c
	Giresun	12	139974.44 $\pm$ 556.88 ^a

*Farklı harfler sütunlardaki farklı grupları göstermektedir.

Varyans analizi sonucunda, sulama rejimlerine göre gruplandırılan orijinlerin, H_2O_2 içerikleri birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra bu farklılıkların hangi gruplarda olduğunu belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonucunda 11 farklı grup olduğu belirlenmiştir. 6 (İstanbul-hiç sulanmayan) ile 9

(Zonguldak-hiç sulanmayan) aynı grupta olup diğerleri ise farklı gruplarda yer almaktadır. Varyansların homojenlik testine göre oluşturulan grupların istatistiksel olarak ($p<0.05$) farklı varyanslara sahip oldukları belirlenmiştir. Orijinlerin H_2O_2 içeriklerine ilişkin nasıl bir değişim gösterdiği sütun grafik olarak gösterilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Orijinlere göre H_2O_2 içeriğindeki (nmol g⁻¹ TA) değişimleri gösteren histogram

Sulama rejimlerine göre gruplandırılan Bolu, İstanbul, Zonguldak, Giresun orijinlerinin H_2O_2 içeriği; günde 1 sulanan (Kontrol) rejimine kıyasla, 2 günde 1 sulanan ve hiç sulanmayan rejimlerinde fazladır. H_2O_2 içeriği, 2 günde 1 sulanan ve hiç sulanmayan sulama rejimlerinde en yüksek Giresun orijininde, en düşük İstanbul orijininde gözlenmiştir. Sonuç olarak; H_2O_2 içeriği kuraklık stresine maruz bırakılan rejimlerinde, kontrole kıyasla, her orijinde arttığı fakat İstanbul ve Zonguldak orijinlerinde diğerlerine göre bu artışın daha az olduğu görülmüştür.

Lipid Peroksidasyonu

Çalışmada lipid peroksidasyonun son ürünü olan MDA seviyesi ölçülmüştür. Sulama rejimlerine göre gruplandırılan orijinler arasında MDA seviyesi istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunup bulunmadığı varyans analizi ortaya koyulmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. MDA'ya ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{TA}$) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Güven düzeyi (P)
MDA					
Gruplar arası	81.31	11.00	7.39	649.25	.000
Gruplar içi	0.27	24.00	0.01		
Toplam	81.58	35.00			

Çizelge 4'te görüldüğü gibi fidanların MDA seviyesinin yapılan varyans analizi sonucunda gruplar arası etkileşimleri istatistiksel olarak ($p<0.05$) anlamlı

bulunmuştur. MDA, ortalamaları ve standart sapmaları, Duncan testine göre oluşan gruplar verilmiştir (Çizelge 5).

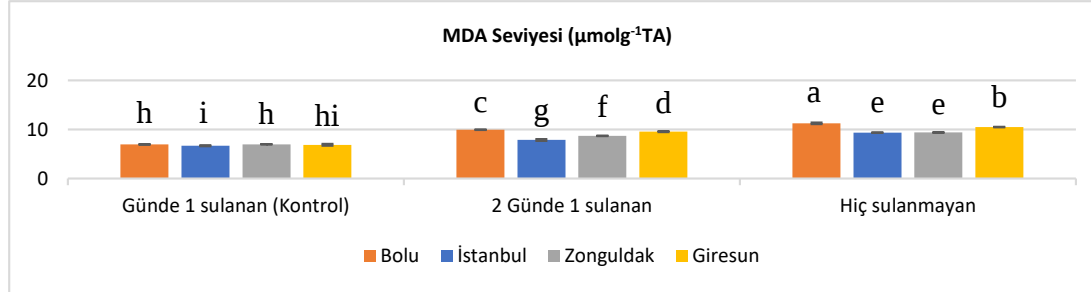
Çizelge 5. MDA'ya ($\mu\text{molg}^{-1}\text{TA}$) ait Duncan testi sonuçları

Sulama grupları	Orijinler	Grup sayıları	Ortalama $\pm$ Standart sapma
Günde 1 sulanan (Kontrol)	Bolu	1	6.96 $\pm$ 0.05 ^{h*}
	İstanbul	4	6.68 $\pm$ 0.12 ⁱ
	Zonguldak	7	6.98 $\pm$ 0.01 ^h
	Giresun	10	6.85 $\pm$ 0.2 ^{hi}
2 Günde 1 sulanan	Bolu	2	9.94 $\pm$ 0.04 ^c
	İstanbul	5	7.85 $\pm$ 0.17 ^g
	Zonguldak	8	8.69 $\pm$ 0.05 ^f
	Giresun	11	9.57 $\pm$ 0.1 ^d
Hiç sulanmayan	Bolu	3	11.26 $\pm$ 0.15 ^a
	İstanbul	6	9.34 $\pm$ 0.04 ^e
	Zonguldak	9	9.38 $\pm$ 0.1 ^e
	Giresun	12	10.47 $\pm$ 0.06 ^b

*Farklı harfler sütunlardaki farklı grupları göstermektedir.

Varyans analizi sonucunda, sulama rejimlerine göre gruplandırılan orijinlerin, MDA seviyeleri birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra bu farklılıkların hangi gruplarda olduğunu belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonucunda 9 farklı grup olduğu belirlenmiştir. Buna göre; 4 (İstanbul-günde 1 sulanan (kontrol)) ile 10 (Giresun-günde 1 sulanan (kontrol)); 1 (Bolu-günde 1 sulanan (kontrol)), 7 (Zonguldak-günde 1

sulanan (kontrol)) ile 10 (Giresun-günde 1 sulanan (kontrol)); 6 (İstanbul-hiç sulanmayan) ile 9 (Zonguldak-hiç sulanmayan) aynı grupta diğerleri farklı gruplarda yer almaktadır. Varyansların homojenlik testine göre oluşturulan grupların istatistiksel olarak ($p<0.05$) farklı varyanslara sahip oldukları belirlenmiştir. Orijinlerin MDA seviyelerine ilişkin nasıl bir değişim gösterdiği sütun grafik olarak gösterilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Orijinlere göre MDA seviyesindeki ($\mu\text{molg}^{-1}\text{TA}$) değişimleri gösteren histogram

Sulama rejimlerine göre gruplandırılan Bolu, İstanbul, Zonguldak, Giresun orijinlerinin MDA seviyesi, günde 1 sulanan (Kontrol) rejime kıyasla, 2 günde 1 sulanan ve hiç sulanmayan rejimlerinde fazladır. MDA seviyesi, 2 günde 1 sulanan ve hiç sulanmayan sulama rejiminde en yüksek Bolu orijininde, en düşük İstanbul orijininde gözlenmiştir.

Sonuç olarak; MDA seviyesi kuraklık stresine maruz bırakılan rejimlerde, kontrole kıyasla, her orijinde arttığı fakat İstanbul ve Zonguldak orijinlerinde diğerlerine göre bu artışın daha az olduğu görülmüştür.

TARTIŞMA

Bitki, kuraklık stresine maruz kaldığında hücrelerinde hidrojen peroksit düzeyinin artış gösterdiği bilinmektedir. Hem ağır stres şartları sebebiyle hem de metabolizma aktiviteleri sırasında fazlaca biriken hidrojen peroksidin temizlenememesi, hidrojen peroksit (H_2O_2) seviyelerinde artışa neden olmaktadır (Hung ve ark. 2005, Nounjan ve ark. 2012, Sofo ve ark. 2015). Kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerde hidrojen peroksit (H_2O_2) içeriğinin arttığını belirtmişlerdir (Sairam ve ark. 1998, Wutipraditkul ve ark. 2015, Turfan 2016). Yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre, benzer şekilde H_2O_2 içeriği tüm orijinlerde, kontrole (günde 1 sulanan) kıyasla,

kuraklık stresi uygulamalarında (2 günde 1 sulanan, hiç sulanmayan) arttığı ama bu artışın İstanbul ve Zonguldak orijinlerinde diğerlerine göre daha az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Bolu ve Giresun orijinleri kuraklık stresine karşı toleransı düşük iken, Zonguldak orijini ve özellikle İstanbul orijininin kuraklık stresine karşı toleransının yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Özden (2009), 1, 2 ve 4 haftalık kuraklık stresi gruplarında, Kasnak meşesi (*Quercus vulcanica*) ve Boz pırnal meşesinin (*Quercus aucheri*) yaprak ve gövdelerinde hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarında uygulanan kuraklık stresi sürelerinin artışıyla beraber, kontrol gruplarıyla mukayese edildiğinde fazla olduğu belirtilmiştir. Sairam ve Srivastava (2001), H_2O_2 içeriğinin uygulanan kuraklık stresine ve yaşa bağımlı olarak yükseldiği tespit edilmiştir. Khanna-Chopra ve Selote (2007), orta şiddetteki kuraklık stresi uygulanan bitkinin yapraklarında da H_2O_2 içeriğinin fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Kolye kavağı (*Populus deltoides*) ile üç toprak tipinde yapılan kuraklık çalışmalarında, kontrol grubuna göre üç toprak tipinde (kırmızı toprak (RS), sarı toprak (YS) ve sarı-kahverengi toprak (BS)) de H_2O_2 artış göstermiştir (Yang ve ark. 2020). Çetin (2018), bitkilerin yaprak yapısı için hidrojen peroksit ölçümünde, kuraklıkla birlikte hidrojen peroksit miktarının fazla olduğunu tespit etmiştir. Bu bulguların, yapılan bu çalışmanın bulgularıyla da uyumlu olduğu görülmektedir.

Liu ve ark. (2015), kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde serbest oksijen türleri yükseldiği için membran yapısının hasar gördüğünü, membran fosfolipitlerindeki çoklu doymamış lipidlerin yapısının zarar görmesiyle ortaya çıkan lipid peroksidasyonun son ürünü olan MDA seviyesinin tüm türlerin kök ve yaprak dokularında yükseldiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada da benzer şekilde MDA seviyesi tüm orijinlerde kontrole (günde 1 sulanan) kıyasla, kuraklık stresi uygulamalarında (2 günde 1 sulanan, hiç sulanmayan) arttığı ama bu artışın İstanbul ve Zonguldak orijinlerinde diğerlerine göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Bolu ve Giresun orijinleri kuraklık stresine karşı toleransının daha düşük olmasına rağmen, Zonguldak ve özellikle İstanbul orijininin kuraklık

stresine karşı toleranslarının daha yüksek oldukları tespit edilmiştir.

Malondialdehit (MDA), hücrelerde çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun son ürünüdür ve genel lipid peroksidasyonunun bir indeksi olarak ifade edilmektedir (Hodges ve ark. 1999, Gawel ve ark. 2004). Terzi ve ark. (2010), kuraklık stresinin MDA seviyesini arttırdığını belirtmişlerdir.

Özden (2009), Kasnak meşesi (*Quercus vulcanica*) yapraklarında MDA seviyesi 1 haftalık kuraklık stresi çalışmasında az, 4 haftalık kuraklık stresinde ise çok, gövdelerde ise tüm kuraklık stresi gruplarında arttığını ve ayrıca Boz pırnal meşesinin (*Quercus aucheri*) yaprak ve gövdelerinde MDA seviyesi tüm kuraklık stresi gruplarında yüksek olduğunu belirtmiştir.

Yine yapılan benzer çalışmalarda (Hasegawa ve ark. 2000, Okuma ve ark. 2000, Shen ve ark. 2010, Desoky ve ark. 2018) kuraklık stresinin lipid peroksidasyon miktarında artışa sebep olduğu ifade edilmiştir. Dört meşe türünde (*Quercus fabri*, *Quercus serrata*, *Quercus acutissima* ve *Quercus variabilis*) 2022’de yapılan bir kuraklık stresi uygulamasında, dört meşe türünün MDA seviyeleri sürekli bir yükselme eğilimi göstermiş ve dört meşe türü ile kontrol grubu arasında karşılaştırıldığında erken aşamadaki (1. gün ve 6. gün) seviyelerde anlamlı bir fark görülmezken ($p>0.05$), MDA seviyeleri 31. günde kontrol grubundakinden anlamlı olarak daha yüksek olduğu ifade edilmiştir ($p<0.05$) (Xiong ve ark. 2022).

Karpatların farklı bölgelerinde yetişen Larix (*Larix decidua* Mill.) ile yapılan kuraklık çalışmalarında MDA seviyesi, uygulanan kuraklık çalışmasına yanıt olarak Anina ve Sacele bölgeleri hariç Larix incelenen tüm kökenlerinde önemli bir artış göstermiştir (Plesa ve ark. 2019). Kolye kavağı (*Populus deltoides*) ile üç toprak tipinde yapılan kuraklık çalışmalarında kontrol grubuna göre üç toprak tipinde (kırmızı toprak (RS), sarı toprak (YS) ve sarı-kahverengi toprak (BS)) de MDA seviyesinde artış görülmüştür (Yang ve ark. 2020). Pan ve ark. (2006), MDA seviyesinin 96 saatlik kuraklık stresi neticesinde düştüğünü fakat kuraklık stresi süresi arttırıldığında yükseldiğini belirtmişlerdir, bu da gösterir ki 96 saatlik streste MDA

seviyesindeki düşüşün nedenlerin biri de bitkideki koruyucu enzimlerin lipid peroksidasyonunu engellemesidir. Kuraklık stresi neticesinde lipid peroksidasyonun yükseldiği tespit edilmiştir (Cai ve ark. 2005, Büyük 2014). Bu bulguların, kuraklık stresi üzerine yapılan bu çalışmanın bulgularıyla uyumlu olduğu görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bolu, İstanbul, Zonguldak, Giresun orijinli 2 yaşına gelen Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) fidanlarına 3 ayrı sulama rejimi (günde 1 sulanan (kontrol), 2 günde 1 sulanan, hiç sulanmayan) oluşturulmuştur ve kuraklık stresi uygulamaları 15 gün sürmüştür. Fidanlardan alınan yaprak numuneleriyle hidrojen peroksit (H_2O_2) ve melondialdehit (MDA) analizleri yapılmıştır.

H_2O_2 içeriklerinin, MDA seviyelerinin kuraklık stresi gruplarında fazla olduğu bilinmektedir. Çalışmamızda da benzer durum söz konusudur. Sonuç olarak; H_2O_2 içerikleri, MDA seviyeleri kuraklık stresine maruz bırakılan rejimlerde, kontrole kıyasla, İstanbul orijininde diğer orijinlere göre daha az bir artış olduğu için kuraklık stresine en toleranslı orijinin İstanbul orijini olduğu tespit edilmiştir ve çalışma sonuçlarına göre deney olarak kullanılan orijinler arasında kurak bölge ağaçlandırmalarında İstanbul orijinine öncelik verilmesi önerilmektedir.

Ekolojik koşullar karşısında çok fazla insan müdahalesi söz konusu olmadığı için yapılan uygulamalarla kuraklık stresine toleranslı olan ya da diğerlerine göre daha yüksek performansı olan orijinlerin tespit edilmesi ile sürdürülebilirliği sağlamak mümkündür. Ülkemizde gelecekte yaşanabilecek olası bir kuraklıkta, kuraklık şiddetinin çok ciddi olmaması durumunda, İstanbul orijinli Doğu kayını tohumlarının varlıklarını sürdürebilecekleri bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Ayrıca yapılan çalışmanın ileride yapılacak uygulamalar için temel oluşturacağı ve Doğu kayınının ülkemiz için kuraklık stresi sonucunda vereceği yanıtlar konusunda da destek olabilecektir. Daha detaylı bir sonuca ulaşılabilmesi için Tüm Karadeniz boyunca yayılış yapan ve Akdeniz bölgesinde Hatay-Amanos dağlarında lokal yayılış

gösteren Doğu kayını orijinlerinde de daha fazla kuraklık stresi denemelerin yapılması gerekmektedir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yürütülen "Kuraklık stresine maruz bırakılan farklı Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) orijinlerinde morfolojik ve fizyolojik değişimlerin araştırılması" başlıklı doktora tezinin bir kısmından üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Alam SM (1999) Nutrient uptake by plants under stress conditions. Handbook of Plant and Crop Stress, Second Edition, Revised and Expanded Edited by Mohammed Pessarakli. University of Arizona. Marcel Dekker Inc. Publishing. Chapter,12, 285-314.
- Anjum SA, Wang LC, Farooq M, Hussain M, Xue LL, Zou CM (2011) Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. Journal of Agronomy and Crop Science, 197(3): 177-185.
- Atalay İ (1992) Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarının ekolojisi ve tohum transferi yönünden bölgelere ayrılması. Orman Bakanlığı Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Yayın No:5, Ankara.
- Büyük İ (2014) Tuz ve kuraklık stresi altında geliştirilmiş farklı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde LEA-3 geni mRNA ifade seviyelerinin kantitatif real-time PCR yöntemiyle incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara.
- Büyük İ, Aydın S, Aras S (2012) Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 69 (2): 97-110.
- Cai ZQ, Chen YJ, Guo YH, Cao KF (2005) Responses of two field-grown coffee species to drought and re-hydration. Photosynthetica, 43 (2): 187-193.
- Cheeseman KH, Slater TF (1993) An introduction to free radical biochemistry. British Medical Bulletin, 49(3): 481-493.
- Çepel N (1995) Orman ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3886, O.F Yayın No:433, İstanbul.
- Çetin F (2018) Farklı PLOİDİ seviyelerine sahip türk buğday çeşitlerinde kuraklık stresi altında fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin incelenmesi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu.
- Desoky EM, Rady MM, Merwad MA (2018) Response of water deficit-stressed vigna unguiculata performances to silicon, proline or methionine foliar application. Scientia Horticulturae, 228:132-144.
- Gawel S, Wardas M, Niedworok E, Wardas P (2004) Malondialdehyde (MDA) as a lipid peroxidation marker. Wiadomosci lekarskie (Warsaw, Poland: 1960), 57(9-10), 453-455.
- Gill SS, Tuteja N (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry, 48(12): 909-930.
- Halliwell B, Gutteridge JMC (1989) Free radicals in biology and medicine. Oxford, Clarendon Press.
- Hasanuzzaman M, Alam M, Rahman A, Hasanuzzama M, Nahar K, Fujita M (2014) Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. BioMed Research International, 17.

- Hasegawa PM, Bressan RA, ZHU JK, Bohnert HJ (2000) Plant cellular and molecular response to high salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol., Plant Mol. Biol.*, 51: 463–469.
- Hodges DM, DeLong JM, Forney CF, Prange RK (1999) Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207: 604-611.
- Hung SH, Yu CW, Lin CH (2005) Hydrogen peroxide functions as a stress signal in plants. *Bot Bull Acad Sin.*, 46:1–10.
- Kandemir G, Kaya Z (2009) Euforgen technical guidelines for genetic conservation and use of oriental beech (*Fagus orientalis*). Bioversity International, Rome, Italy, 6.
- Kayacık H (1980) Orman ve park ağaçlarının özel sistematiği, gymnospermae (açık tohumlular). L.cilt, 4. Baskı, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayım, İ.Ü. Yayın No:2642, O.F. Yayın No:281, İstanbul.
- Khanna-Chopra R, Selote DS (2007) Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than-susceptible wheat cultivar under field conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 60: 276-283.
- Kılıç B (2020) Prolin ön uygulamasının kuraklık stresi koşullarındaki Karaçam tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırılması. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Lambers H, Chapin FS, Pons TL (1998) Plant physiological ecology. SpringerVerlag, 540.
- Levitt J (1980) Responses of plants to environmental stresses. II. Water, Radiation, Salt and Other Stress, Academic Press.i 3-7: 25-74.
- Liu H, Sultan MARF, Liu XL, Zhang J, Yu F, Zhao HX (2015) Physiological and comparative proteomic analysis reveals different drought responses in roots and leaves of drought-tolerant wild wheat (*Triticum boeoticum*). *PLoS One*, 10(4): e0121852.
- Nounjan N, Nghia PT, Theerakulpisut P (2012) Exogenous proline and trehalose promote recovery of rice seedlings from salt-stress and differentially modulate antioxidant enzymes and expression of related genes. *Journal of plant physiology*, 169(6): 596-604.
- Okuma E, Soed K, Tada M, Murata Y (2000) Exogenous proline mitigates the inhibition of growth of nicotiana tobacum culture cells under saline condition. *Soil Sci. Plant Nutr*, 46 (1): 257–263.
- Özden H (2009) Kuraklık stresinin Kasnak meşesi (*Quercus vulcanica*) [Boiss & Heldr. ex] Kotschy ve Boz pırnal meşesinin (*Quercus aucheri*) [Jaub. & Spach] karşılaştırmalı olarak incelenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.
- Pan Y, Wu LJ, Yu ZL (2006) Effect of salt and drought on antioxidant enzymes activities and SOD isoenzymes of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch). *Plant Growth and Regulation*, 49: 157-165.
- Plesa IM, Al Hassan M, González-Orenga S, Sestras AF, Vicente O, Prohens J, Boscaiu M, Sestras RE (2019) Responses to drought in seedlings of European Larch (*Larix decidua* Mill.) from several carpathian provenances. *Forests*, 10(6): 511.
- Saatçioğlu F (1969) Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri. İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1429, O.F Yayın No: 138, İstanbul, 323.
- Sairam RK, Deshmunkh PS, Saxena DC (1998) Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress. *Biologica Plantarum*, 41: 384-394.
- Sairam RK, Srivastava GC (2001) Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186: 63-70.
- Salisbury FC, Ross C (1994) Fisiolojia vegetal tecnologia agraria. Grupo Editorial Iberoamericana.
- Sgherri C, Pinzino C, Nvari Izzo F (1996) Sunflower seedlings subjected to increasing stress by water deficit: changes in superoxide production related to the composition of thylakoid membranes. *Physiologia Plantarum*, 96(3): 446-452.
- Shen X, Zhou L, Duan ZY, Li A, Eneji E, Li J (2010) Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-b radiation. *J. Plant Phys.*, 167: 1248–1252.
- Sofo A, Scopa A, Nuzzaci M, Vitti A (2015) Ascorbate peroxidase and catalase activities and their genetic regulation in plants subjected to drought and salinity stresses. *Int. J. Mol. Sci.* 16: 13561-13578.
- Terzi R, Sağlam A, Kutlu N, Nar H, Kadioglu A (2010) Impact of soil drought stress on photochemical efficiency of photo system II and antioxidant enzyme activities of Phaseolus vulgaris cultivars. *Turkish Journal of Botany*, 34: 1-10.
- Turan ES (2018) Türkiye'nin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumu. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(1): 63-69.
- Turfan N (2016) Yerel ceviz çeşidinde (*Juglans regia* L.) abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılık mekanizmasının belirlenmesi. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, ISSN: 1308-8750 (Print), 1308-8769 (Online), 321-331.
- URL-1 <https://www.ogm.gov.tr/tr/yararli-bilgiler/haftanin-agaci/kayin>. Erişim tarihi:14.03.2024.
- Velikova V, Yordanov I, Edreva A (2000) Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective roles of exogenous polyamines. *Plant Science*, 151: 59-66.
- Wutipraditkul N, Wongwan P, Buaboocha T (2015) Alleviation of salt-induced oxidative stress in rice seedlings by proline and/or glycinebetaine. *Biol Plan*, 59: 547–553.
- Xiong S, Wang Y, Chen Y, Gao M, Zhao Y, Wu L (2022) Effects of drought stress and rehydration on physiological and biochemical properties of four oak species in China. *Plants*, 11(5): 679.
- Yang S, Shi J, Chen L, Zhang J, Zhang D, Xu Z, Xiao J, Zhu P, Liu Y, Lin T, Zhang L, Yang H, Zhong Y (2020) Physiological and biomass partitioning shifts to water stress under distinct soil types in *Populus deltoides* saplings. *Journal of Plant Ecology*, 13(5): 545-553.
- Yüksel B, Aksoy Ö (2017) Su stresi koşullarında bitkilerde gözlenen değişimler. *Journal of Scientific Reviews*, 10 (2): 01-05.