

Kuraklık stresli *Quercus cerris* fidanlarının fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerindeki değişimler

Ayşe Deligöz^{a*}, Esra Bayar^a

Özet: Saçlı meşe, ülkemizde kurak ve yarı kurak bölge ağaçlandırmalarında kullanılacak türler arasında yer almaktadır. Saçlı meşenin kuraklığa nasıl bir tepki verdiğini anlamak, türün stres toleransının geliştirilmesine ve ağaçlandırma programlarının başarısına katkı sağlayabilir. Bu çalışmada, 1+0 yaşındaki tüplü saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) fidanlarının kuraklık stresine tepkisi araştırılmıştır. Kontrollü koşullarda, kuraklık stresi uygulanan fidanlar bir ay süresince susuz bırakılırken, kontrol fidanları stres denemesi süresince düzenli olarak sulanmıştır. Kuraklık stres denemesi süresinde 0, 7, 14, 21 ve 30. günlerde hem kontrol hem de kuraklık stresi işlem grubundan örneklenen fidanlar üzerinde gövde ksilem su potansiyeli, stoma iletkenliği ve toplam çözünebilir şeker içeriği belirlenmiştir. Ayrıca, hacimsel toprak nem içeriği tespitleri de yapılmıştır. Sonuç olarak, ksilem su potansiyeli, stoma iletkenliği ve toplam çözünebilir şekerler bakımından kontrol ve kuraklık stresli fidanlar arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Kuraklık stresi toprak nem içeriğini oldukça düşürmüştü ve buna bağlı olarak da stres altındaki saçlı meşe fidanlarının ksilem su potansiyeli kontrol fidanlarından daha düşük bulunmuştur. Kuraklık stresi, toplam çözünebilir şeker birikimini arttırmış, stoma iletkenliğini düşürmüştür.

Anahtar kelimeler: Saçlı meşe, Kuraklık stresi, Ksilem su potansiyeli, Stoma iletkenliği, Çözünebilir şeker

Variations in physiological and biochemical traits of drought-stressed *Quercus cerris* seedlings

Abstract: Turkey oak is among the species that can be used for the afforestations in the semi-arid and arid regions of Turkey. Understanding how the Turkey oak responds to drought could contribute to improve stress tolerance and to the success of afforestation programs of species. In this study, the response of one-year-old seedlings of Turkey oak (*Quercus cerris* L.) to the drought stress was investigated. Under controlled conditions, the seedlings in the control group were regularly irrigated during the stress experiment, while drought-stressed seedlings were subjected to drought stress by withholding irrigation for 30 days. Both control and drought-stress treatment groups were sampled on days 0, 7, 14, 21 and 30, and their stem xylem water potential, stomatal conductance and total soluble sugars were determined. In addition, the volumetric soil moisture content was also determined. As a result, significant differences were found in xylem water potential, stomatal conductance and total soluble sugar between the control and drought-stressed seedlings. Drought stress significantly reduced soil moisture content and consequently, xylem water potential of the drought-stressed oak seedlings were lower than the control seedlings. Drought stress decreased stomatal conductance, but significantly increased accumulations of total soluble sugars.

Keywords: Turkey oak, Drought stress, Xylem water potential, Stomatal conductance, Soluble sugar

1. Giriş

Orman ağaçları uzun yaşamları boyunca değişen çevre koşulları ile mücadele etmek zorunda kalırlar (Valero-Galván vd., 2013). Bu yaşam döngüleri boyunca büyüme ve gelişmelerini olumsuz yönde etkileyecek birçok biyotik ve abiyotik stres faktörü ile karşılaşılırlar. Abiyotik stres faktörleri arasında kuraklık en önemli çevresel streslerden birisidir. Suyun varlığı bitkilerin büyüme, gelişme ve dağılımını sınırlayan kritik bir faktördür. Kuraklık stresine bitkilerin cevabı, gelişim aşaması, stresin seviyesi ve süresi, ve bitkinin tolerans kapasitesi gibi çeşitli faktöre bağlıdır (Clua vd., 2009). Bitkiler su alımını artırarak veya su kaybını azaltarak su stresinden kurtulabilirler (Arndt vd., 2001). Su stresine maruz kalan bitkiler hücre turgorlarını koruyabilmek için hücreleri içinde bazı organik çözümleri biriktirerek osmotik potansiyellerini düzenlerler (Göksoy ve

Turan, 1991). Osmotik ayarlama, hücre ortamının su potansiyelindeki düşüşe yanıt olarak hücrede inorganik ve organik çözünen maddelerin aktif olarak birikmesini sağlar (Sánchez vd., 2004). Kuraklık stoma iletkenliğini de değiştirebilir (Augé vd., 1998). Stoma iletkenliğinde meydana gelen değişimler, transpirasyon oranını değiştirerek yaprak su potansiyelinde değişikliklere neden olmaktadır (Farquhar ve Sharkey, 1982; Fort vd., 1997). Kuraklığın artması ile birlikte yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği ve bununla birlikte CO₂ asimilasyon oranı da azalmaktadır (Priwitzer vd., 2014). Bitkiler kuraklık stresinin neden olduğu olumsuz etkileri azaltmak veya engellemek amacıyla çeşitli savunma mekanizmalarına sahiptir (Çalikoğlu, 2002). Bazı türler, kuraklık altında yaprak alanını küçültme ve kalın kutikula gibi hayatta kalmayı sağlayabilecek adapte olma özelliği geliştirmişlerdir (Epron vd., 1993). Örneğin, meşeler

✉ ^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): aysedeligoz@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 02.06.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 31.10.2017



Citation (Atıf): Deligöz, A., Bayar, E., 2017. Kuraklık stresli *Quercus cerris* fidanlarının fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerindeki değişimler. Turkish Journal of Forestry, 18(4): 269-274.

DOI: [10.18182/tjf.318318](https://doi.org/10.18182/tjf.318318)

(*Quercus* sp.) kuraklık toleransı olan bitkilerdir ve kuraklığa toleransı daha düşük olan bitkilerin gelişiminin engellendiği alanlarda yaşamlarını sürdürebilirler (Johnson vd., 2002).

Meşeler, ülkemizde toplam 18 doğal türü ile yaklaşık 5.9 milyon hektarlık yayılış alanına sahiptir (OGM, 2015). Geniş yayılış alanına sahip meşe türleri arasında yer alan saçlı meşenin (*Quercus cerris* L.), Kuzey doğu ve Doğu Anadolu hariç ülkemizin hemen her bölgesinde doğal yayılışı bulunmaktadır. Dolayısıyla da ormancılık faaliyetlerinde özellikle ağaçlandırma çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Saçlı meşe, kurak ve yarı kurak bölge ağaçlandırmalarında tercih edilen türler arasında yer almaktadır (Boydak ve Çalışkan, 2014). Kurak ve yarı kurak bölgelerde yapılan ağaçlandırma çalışmalarında fidanların tutma başarısı oldukça önemlidir. Uluslararası literatürde birçok çalışmada meşe türlerinin kuraklığa uyumu bildirilmiştir. Bununla birlikte abiyotik streslere uyum derecesi familia, cins hatta tür içinde bile çeşitlidir (Franco et al., 2006). Nitekim meşe türleri su azlığını tolere etme durumlarına göre geniş varyasyon ve coğrafik aralıkta dağılırlar (Epron vd., 1993). Halbuki diğer meşe türlerimizde olduğu gibi saçlı meşe türümüzün doğal populasyonlarında kuraklık stresi veya yarı kurak alanlardaki kullanımı konusunda yapılmış bilimsel çalışmalar oldukça azdır. Bu konuda son zamanlarda saçlı meşe türünün yarı kurak alanlarda kullanımı (Toprak vd. 2016) ve yarı kurak alanlarda kullanılacak mikorizalı fidan üretimi (Tüfekçi vd. 2016) konusunda bazı çalışmalar yapılmıştır. Günümüzde en popüler çalışma sahalarından biri haline gelmiş olan biyoteknolojide, bitkilerin stres koşullarına karşı adaptasyonunun ve direncinin artırılması, öncelikle bitkilerde stres etkilerinin net anlaşılmasına bağlıdır. Bu açıdan kuraklık stresinin tür üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmaların artırılması faydalı olacaktır (Büyük vd., 2012). Özellikle fidanın tesis aşamasında görülen yüksek ölüm oranları nedeniyle fidan aşamasında su stresine adaptasyondaki farklılıkları çalışmak daha da önemlidir. Bu çalışmada, 1+0 yaşındaki tüplü saçlı meşe fidanlarında ksilem su potansiyeli, stoma iletkenliği ve toplam çözünebilir şeker içeriğindeki değişimler dikkate alınarak türün kuraklık stresine tepkisi araştırılmıştır. Bu çalışma ile saçlı meşe türünde stresle ilişkili mekanizmaların aydınlatılmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Bitki materyali ve deneme kuruluşu

Manisa orijinli saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) tohumları, İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, Muradiye Orman Fidanlık Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan 2912 nolu tohum toplama sahasından (Enlem 38° 19' 76", Boylam 28° 17' 58", Bakı: Doğu, Yükselti: 850 m) 2013 yılı kasım ortasında toplanmıştır. Tohumlara yüzdürme testi uygulanmış ve içi boş, çürük olan tohumlar mümkün olduğunca ayıklanmıştır. Tohumlar ekim tarihine kadar soğuk saklamada 4 °C'de bekletilmiş ve ardından Eğirdir Orman Fidanlığında (Enlem 37° 53', Boylam 30° 52', Yükselti: 926 m) 13 Şubat 2014 tarihinde orman toprağı ve humus karışımı (3:1) içeren 12x25 cm boyutundaki polietilen tüplere ekilmiştir. Fidanlık koşulları altında yetiştirilen fidanlar arasından benzer büyüklükteki 180 adet

fidan haziran sonunda, kuraklık stresi denemesinin kurulacağı kontrollü bitki büyüme odasına taşınmıştır. Fidanlarının oda koşullarına adaptasyonunu sağlamak amacıyla bütün fidanlar bir hafta süresince her iki-üç günde bir sulanmıştır. Temmuz başında fidanların yarısı kuraklık stresi denemesi için, kalan yarısı da kontrol işlemi için ayrılmıştır. Kuraklık stresi uygulanan fidanlar bir ay süresince susuz bırakılmıştır. Kontrol fidanları ise stres denemesi süresince düzenli olarak sulanmıştır. Stres periyodu süresince bitki büyüme odasının sıcaklığı (°C) ve bağıl nemi (%) bir datalogger (model ebro; EBI 20-TH) yardımıyla takip edilmiştir. Stres deneyi süresinde oda içi ortalama nispi nem % 55-80 arasında değişirken, ortalama sıcaklık 19-25 °C arasında seyretmiştir. Aydınlatma 16 saat gündüz, 8 saat gece şeklinde uygulanmıştır.

2.2. Fizyolojik ve biyokimyasal ölçümler

Kuraklık stresi denemesi süresinde 0, 7, 14, 21 ve 30. günlerde hem kontrol hem de kuraklık stresi işlem grubundan örneklenen 6 fidan üzerinde ksilem su potansiyeli (Ψ_w), stoma iletkenliği, toplam çözünebilir şeker analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, toprak nem içeriği tespitleri de yapılmıştır. Ksilem su potansiyeli (Ψ_w) ölçümleri 6 tekerrürlü olarak kök boğazı seviyesinden kesilmiş sürgün örneklerinde bitki basınç odası cihazı (Model 600; PMS Instruments, Corvallis, Oregon) kullanılarak 08:00 ile 08:30 saatleri arasında yapılmıştır. Aynı ölçüm periyodu süresince her iki işlem grubunda büyüme ortamının toprak nem %'si, Fieldsout TDR 100 cihazı (Spectrum Technologies Inc., USA) ile 0-12.5 cm derinlikte 6 tekerrürlü ölçülmüştür. Stoma iletkenlik ölçümleri ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) her iki işlem grubunda 6 ayrı fidanda tam gelişmiş bir adet üst yaprakta bir difüzyon steady-state porometer (Decagon Devices Leaf Porometer SC-1) ile öğle saatlerinde (13:00-14:00) alınmıştır.

Toplam çözünebilir şeker analizleri için 0, 7, 14, 21 ve 30. günlerde alınan fidanların tam olgunlaşmış yaprakları 65 °C de 48 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler bir kahve öğütücü yardımıyla öğütülmüştür. Her iki işlem grubundan alınan üç tekrarlı kuru örneklerde toplam çözünebilir şeker analizi yapılmıştır (Dubois vd., 1956).

2.3. Veri analizi

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri için SPSS 20.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Ksilem su potansiyeli, stoma iletkenliği ve toplam çözünebilir şeker içerikleri bakımından kontrol ve kuraklık stresli fidanlar arasındaki farklılıklar Student's t testi ile $p < 0.05$ önem düzeyinde belirlenmiştir. Her iki işlem grubunda ilgili parametrelerde kuraklığa maruz kalma süresinin etkisi varyans analizi ve takiben Duncan testi ile denetlenmiştir. Sonuçların sunumu, ortalama ve ortalamanın standart hatası şeklinde verilmiştir. Özellikler arasındaki ilişkileri belirleyebilmek amacıyla korelasyon analizi uygulanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Deney süresince toprak nem içeriği

Kuraklık stresi denemesi süresince toprağın hacimsel su içeriğindeki değişimler Şekil 1'de gösterilmiştir. Kuraklık

denemesinin 0. ve 7. günlerinde, kontrol ve kuraklık işlemlerinin hacimsel su içerikleri benzer bulunmuştur. Denemenin 14. gününden itibaren kuraklık stresi işleminde hacimsel su içeriği iyi sulanan kontrol işleminden önemli şekilde daha düşüktür ($P<0.001$). Kontrol işleminde hacimsel nem içeriği %27 ile %66 arasında seyrederken, kuraklık stresi işleminde hacimsel nem içeriği % 11'e kadar düşmüştür.

3.2. Ksilem su potansiyeli

Hem kontrol hem de kuraklık stresli fidanların sürgün ksilem su potansiyelleri kuraklık denemesi süresince önemli farklılıklar göstermiştir ($P<0.001$). Kuraklık stresli meşe fidanlarında ölçülen ksilem su potansiyelinin 0. günde -0.84 MPa olan değerinin deneme süresince yavaş yavaş düşerek 30. günde -1.73 MPa değerine ulaştığı görülmüştür. Kontrol fidanlarında ise bu değerler -0.56 MPa ile -1.01 MPa arasında değişmiştir (Şekil 2). Kuraklık stres denemesinin 7. gününden itibaren iyi sulanan kontrol ile kuraklık stresli meşe fidanlarının sürgün ksilem su potansiyelleri arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P<0.05$).

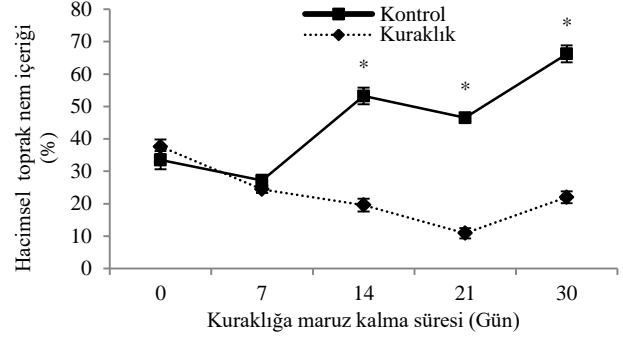
3.3. Stoma iletkenliği

Kuraklığa maruz kalma süresi kuraklık stresli meşe fidanlarının stoma iletkenliği değerlerinde önemli bir farklılığa neden olmuştur (Şekil 3). Kuraklık stresinin 7. gününden itibaren kuraklık stresli fidanlarda stoma iletkenliği değerinde bir azalma tespit edilmiş olsa da, 0. günden 14. güne kadar stoma iletkenliği değerleri arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Kuraklık stresli fidanlarda stoma iletkenliği değerinde 21. günden itibaren görülen düşüşler istatistiksel anlamda önemli ve en düşük stoma iletkenliği değeri 30. günde tespit edilmiştir. Kontrol grubu fidanlarında da benzer bir düşüş görülmekle birlikte bu düşüş istatistiki olarak 21. günde önemlidir. Kontrol fidanlarında stoma iletkenliği değeri 21. ve 30. günlerde nispeten sabit kalmıştır. Kuraklık stresli fidanların stoma iletkenliği değerleri kontrol grubu ile karşılaştırıldığında sadece denemenin 30. gününde kuraklık stresli fidanların stoma iletkenliği değeri kontrol fidanlarından istatistiksel anlamda daha düşük bulunmuştur (Şekil 3).

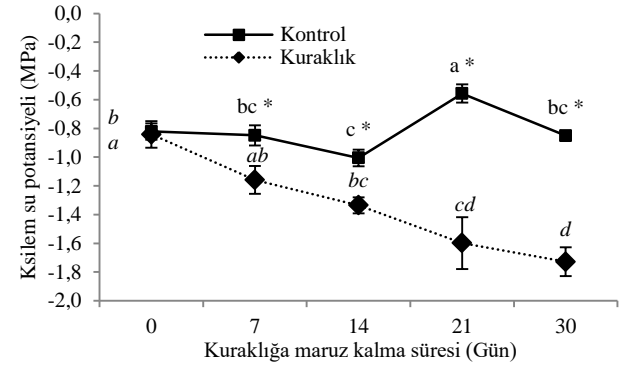
3.4. Toplam çözünebilir şekerler

Kuraklık periyodu süresince kuraklık stresli fidanların yapraklarındaki şeker içeriğindeki değişimler istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır (Şekil 4). Bununla birlikte, kontrol ve kuraklık stresli meşe fidanları arasında yaprak toplam çözünebilir şeker içeriği bakımından kuraklık denemesinin 7. gününden itibaren önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P<0.01$, Şekil 4). Kuraklık stresli meşe fidanlarının yapraklarındaki toplam çözünebilir şeker içeriği kontrol fidanlarından oldukça yüksektir. Ayrıca, deneme süresince hem kontrol hem de kuraklık stresli fidanların kök şeker içeriğindeki değişimler önemli bulunmuştur. Köklerdeki yüksek şeker birikimi kuraklık stresli fidanlarda denemenin 21. ve 30. günlerinde belirlenmiştir. Kontrol fidanlarında ise deneme süresince en yüksek şeker içeriği denemenin başlangıcında tespit edilmiştir. Bununla birlikte,

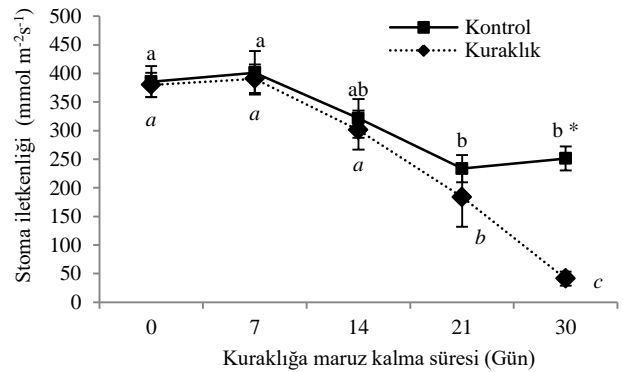
kök toplam çözünebilir şeker içeriği bakımından kontrol ve kuraklık stresli fidanlar arasında sadece 14. ve 30. günlerde önemli farklılık belirlenmiştir ($P<0.01$). Söz konusu günlerde kuraklık stresli fidanların köklerindeki şeker birikimi iyi sulanan kontrol fidanlarından daha yüksektir (Şekil 4).



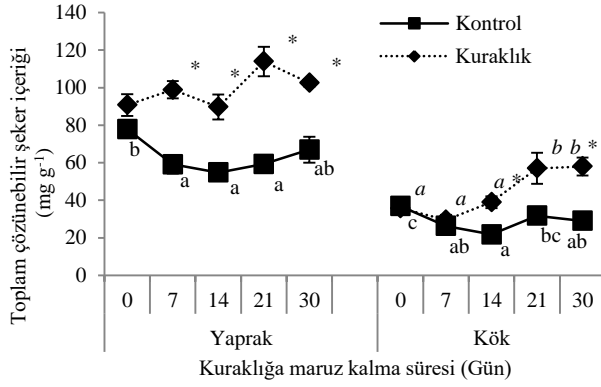
Şekil 1. Kuraklık stresi altındaki saçlı meşe fidanlarının toprak nem içerikleri (n=6), * işareti her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki önemli farklılıkları gösterir ($p < 0.001$).



Şekil 2. Kuraklık stresi altındaki saçlı meşe fidanlarının ksilem su potansiyeli (n=6), Farklı harfler (italik harfler kuraklık işleminde, normal harfler kontrol işleminde) dönemler arasındaki önemli farklılıkları gösterir. * işareti her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki önemli farklılıkları gösterir ($p < 0.05$).



Şekil 3. Kuraklık stresi altındaki saçlı meşe fidanlarının stoma iletkenliği (n=6), Farklı harfler (italik harfler kuraklık işleminde, normal harfler kontrol işleminde) dönemler arasındaki önemli farklılıkları gösterir. * işareti her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki önemli farklılıkları gösterir ($p < 0.001$).



Şekil 4. Kuraklık stresi altındaki saçlı meşe fidanlarının yaprak ve köklerindeki toplam çözünebilir şeker içeriği (n=3). Farklı harfler (italik harfler kuraklık işleminde, normal harfler kontrol işleminde) dönemler arasındaki önemli farklılıkları gösterir. * işareti her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki önemli farklılıkları gösterir (p < 0.01).

3.5. Özellikler arasındaki ilişkiler

Çalışılan özellikler arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, kuraklık stresli fidanlarda ksilem su potansiyeli ile stoma iletkenliği arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = 0.906$, $p = 0.034$). Kontrol fidanlarında ksilem su potansiyeli ile stoma iletkenliği arasındaki ilişki ise istatistiksel anlamda önemsizdir. Hem kontrol hem de kuraklık stresli fidanlarda çalışılan diğer özellikler arasındaki ikili ilişkiler de önemsiz bulunmuştur.

4. Tartışma ve sonuç

Kuraklık stresi bitkilerde morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler yönlerden bazı değişimlere neden olmaktadır. Bu çalışmada, sulanan (kontrol) ve kuraklık stresi uygulanan saçlı meşe fidanların bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri arasında karşılaştırma yapılarak türün kuraklığa tepkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, ksilem su potansiyeli, stoma iletkenliği ve toplam çözünebilir şekerler bakımından kontrol ve kuraklık stresli fidanlar arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Kuraklık stresi toprak nem içeriğini oldukça düşürmüş ve buna bağlı olarak da stres altındaki saçlı meşe fidanların ksilem su potansiyeli kontrol fidanlarından daha düşük bulunmuştur. Kuraklık stresi denemesinin başında -0.84 MPa olan ksilem su potansiyeli değerinin kuraklık stresli fidanlarda denemenin 30. gününde -1.73 MPa'ya kadar düştüğü görülmüştür. Kontrol fidanlarında ise bu değerler -0.56 MPa ile -1.01 MPa arasında seyretmiştir. Benzer şekilde su stresi *Acacia ehrenbergiana* Hayne ve *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* fidanlarında yaprak su potansiyelini azaltmıştır (Atta vd., 2012). Kuraklık stresli *Fraxinus velutina* Torr ve *Quercus lobata* Née türlerinde de günortası su potansiyelinin kontrol fidanlarından daha çok negatif değere sahip olduğu belirlenmiştir (Balok ve Hilaire, 2002). Yine *Quercus variabilis* Bl türünde kuraklık stresinin artması ile yaprak su potansiyelinin azaldığı tespit edilmiştir (Wu vd., 2013).

Kuraklık stresli fidanlarda ksilem su potansiyelinde olduğu gibi stoma iletkenlik değerinin de kuraklığa maruz kalma süresinin uzunluğuna bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. İki yaşındaki *Quercus frainetto* Ten., *Quercus pubescens* Willd., *Quercus macrolepis* Kotschy ve *Quercus ilex* L. fidanlarında kuraklık stoma iletkenliğinde önemli bir azalmaya neden olmuştur (Fotelli vd., 2000). *Pistacia lentiscus* türünde kurak koşullar altında sürgün gelişimi, stoma iletkenliği ve transpirasyon önemli bir şekilde azalmıştır (Vasques vd., 2016). Aynı şekilde kentsel alanda yetişen ve sulama yapılmayan *Quercus robur* and *Carpinus betulus* L. fidanlarında stoma iletkenliği azalmıştır (Stojnić vd., 2016). Stoma iletkenliğindeki bu düşüş, atmosferik evaporasyonun yüksek olduğu zamanlarda su kaybının sınırlanmasını sağlayan Akdeniz türlerinin genel bir özelliği olarak yorumlanmıştır (Acherar ve Rambale, 1992). Ayrıca, kontrol grubu fidanlarının stoma iletkenliği değerlerinde de 21. günde istatistiksel anlamda önemli bir düşüş görülmüştür. Düzenli sulama uygulandığı halde kontrol fidanlarında görülen bu düşüş, çalışmanın yürütüldüğü iklim odasında fidanların stomalarını kapatmasına neden olacak bazı olumsuz koşullardan (Aşırı sulama, havalandırma problemi (CO₂ konsantrasyonu), böcek/mantar zararı vb.) kaynaklanmış olabilir. Nitekim Jones (1992) sıcaklık, nispi nem, CO₂ konsantrasyonu, ışık şiddeti gibi çevresel faktörlerin, stoma iletkenliğini değiştirdiğini ifade etmiştir. Çalışmamızda kuraklık stresli fidanların ksilem su potansiyeli ile stoma iletkenlikleri arasında güçlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = 0.906$, $p = 0.034$). Bu durum azalan su potansiyeline paralel olarak stoma iletkenliğinin de azaldığını göstermektedir. Benzer bir ilişki kurak koşullar altında *Q. frainetto*, *Q. pubescens* ve *Q. macrolepis* türlerinde Fotelli vd. (2000) tarafından, *Q. cerris* ve *Q. frainetto* türlerinde ise Manes vd. (2006) tarafından belirlenmiştir.

Yüksek konsantrasyonlarda çözünebilir şeker, çözünebilir protein, potasyum, klor birikimi turgor bakımına ve kuraklık toleransını arttırmaya yardımcı olur (Sayed vd., 2013). Organik çözünenler, özellikle çözünebilir şekerler kurakçıl bitkilerde kuraklığa adaptasyonda önemli bir rol oynar (Alkhail ve Moftah, 2011). Bu çalışmada kuraklık denemesinin 7. gününden itibaren kontrol fidanları ile karşılaştırıldığında kuraklık stresli meşe fidanlarının yapraklarındaki toplam çözünebilir şeker içeriğinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kuraklık stresli fidanların köklerinde de şeker birikimi dikkat çekmektedir. Köklerdeki yüksek şeker birikimi denemenin 14. gününden itibaren görülmekte olup, 30. günde en yüksek değere ulaşmıştır. Dolayısıyla, kuraklık stresinin artışına bağlı olarak deneme sonuna doğru köklerdeki şeker birikiminin arttığını söyleyebiliriz. Beş yaşındaki *Quercus pubescens* bireylerinde iyi sulanan kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, kuraklık stresli bireylerin yapraklarında çözünebilir şeker miktarının önemli şekilde arttığı belirlenmiştir (Holland vd., 2016). Daha bir çok çalışmada da kuraklık stresi koşullarında şeker birikiminin gerçekleştiği tespit edilmiştir (Wu vd., 2013; Morales vd., 2013; Maguire ve Kobe, 2015).

Sonuç olarak, kuraklık stresli saçlı meşe fidanları su açığı koşulları altında bitkinin toleransına katkıda bulunduğu bilinen toplam çözünebilir şekerleri hem yaprak hem de köklerinde biriktirmişlerdir. Kuraklık stresi stoma iletkenliği üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. Meşe

fidanlarının kurak koşullar altında toplam çözünebilir şeker birikimiyle osmotik ayarlamayı gerçekleştirerek kuraklığa tolerans mekanizması gösterdikleri söylenebilir. Ayrıca, stoma iletkenliği ile ksilem su potansiyelinin paralel azalması su açığı koşullarında ihtiyatlı su kullanımını gösteren türün karakteristik bir cevabıdır (Manes vd., 2006). Bu mekanizmalar yayılış alanlarındaki tipik mevsimsel kuraklık periyodunun üstesinden gelmede saçlı meşe fidanları için oldukça önemli özelliklerdir.

Kaynaklar

- Acherar, M., Rambale, S., 1992. Comparative water relations of four Mediterranean oak species. *Vegetatio*, 99(100): 177-184.
- Alkhail, M.S.A., Moftah, A.E., 2011. Adaptation mechanisms of some desert plants grown in central region of Saudi Arabia. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 1(11):462-470.
- Arndt, S.K., Clifford, S.C., Wanek, W., Jones, H.G., Popp, M., 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. *Tree Physiology*, 21:705-715.
- Atta, H.A.E., Aref, İ.M., Ahmed, A.İ., Khan, P.R., 2012. Morphological and anatomical response of *Acacia ehrenbergiana* Hayne and *Acacia tortilis* (Forssk) Haynes subsp. *raddiana* seedlings to induced water stress. *African Journal of Biotechnology*, 11(44): 10188-10199.
- Augé, R.M., Xiangrong, D., Croker, J.L., Witte, W.T., Green, C.D., 1998. Foliar dehydration tolerance of twelve deciduous tree species. *J. Expt. Bot.*, 49: 753-759.
- Balok, C.A., Hilaire, R.S., 2002. Drought responses among seven southwestern landscape tree taxa. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 127: 211-218.
- Boydak, M., Çalışkan, S., 2014. Ağaçlandırma (Tohum, Ağaç Islahı, Fidanlık, Doğaya Yakın Ormancılık, Alan Hazırlığı, Ekim, Dikim, Yarı Kurak, Kurak Alanlar, Endüstriyel Ağaçlandırmalar, Karstik Alanlar, Özet Nitelikli Ağaçlandırmalar), Ogem-Vak., İstanbul.
- Büyük, İ., Soydam Aydın, S., Aras, S., 2012. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hij. Den. Biyol. Derg.*, 69(2): 97-110.
- Clua, A., Paez, M., Orsini, H., Beltrano, J., 2009. Incidence of drought stress and rewatering on *Lotus tenuis*. Effects on cell membrane stability. *Lotus Newsletter*, 39(1):21-27.
- Çalikoğlu, M., 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) orijinlerinin kuraklığa karşı reaksiyonlarının ekofizyolojik analizi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., Smith, F., 1956. Calorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28: 350-356.
- Epron, D., Dreyer, E., Aussenac, G., 1993. A comparison of photosynthetic responses to water stress in seedlings from 3 oak species: *Quercus petraea* (Matt), *Q. rubra* L. and *Q. cerris* L. *Ann.Sci. For.*, 50(1):48-60.
- Farquhar, G.D., Sharkey, T.D., 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annu.Rev.Plant.Physiol.*, 33:317-345.
- Fort, C., Fauveau, M.L., Muller, F., Pabel, P., Granier, A., Dreyer, E., 1997. Stomatal conductance, growth and root signaling in young oak seedlings subjected to partial soil drying. *Tree physiol.*, 17: 281-289.
- Fotelli, M.N., Radoglou, K.M., Constantinidou, H.I.A., 2000. Water stress responses of seedlings of four Mediterranean oak species. *Tree Physiology*, 20:1065-1075.
- Franco, J.A., Sánchez-Martínez, J.J., Fernández, J.A., Bañón, S., 2006. Selection and nursery production of ornamental plants for landscaping and xerogardening in semi-arid environments. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(1):3-17.
- Göksoy, A.T., Turan, Z.M., 1991. Kuraklığın bitki morfolojisi ve fizyolojisi üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8:189-199.
- Holland, V., Koller, S., Lukas, S., Brüggeman, W., 2016. Drought- and frost-induced accumulation of soluble carbohydrates during accelerated senescence in *Quercus pubescens*. *Trees*, 30:215-226.
- Johnson, P.J., S.R. Shifley, R. Rogers. 2002. Oak-dominated ecosystems. In: *The Ecology and Silviculture of Oaks*. CABI Publishing, N.Y. pp. 8-53.
- Jones, H., 1992. *Plants and Microclimate. A Quantitative Approach to Environment Plant Physiology*, Second ed., Cambridge University Press, Great Britain, pp. 264-276.
- Maguire, A.J., Kobe, R.K., 2015. Drought and shade deplete nonstructural carbohydrate reserves in seedlings of five temperate tree species. *Ecology and Evolution*, 5(23): 5711-5721.
- Manes, F., Vitale, M., Donato, E., Giannini, M., Puppi, G., 2006. Different ability of three Mediterranean oak species to tolerate progressive water stress. *Photosynthetica*, 44 (3): 387-393.
- Morales, C.G., Pino, M.T., del Pozo, A., 2013. Phenological and physiological responses to drought stress and subsequent rehydration cycles in two raspberry cultivars. *Scientia Horticulturae*, 162, 234-241.
- OGM, 2015. Türkiye Orman Varlığı Kitabı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Priwitzer, T., Kurjak, D., Kmet', J., Sitková, Z., Leštianska, A., 2014. Photosynthetic response of European beech to atmospheric and soil drought. *Lesn. Cas. For.*, 60:31-37.
- Sánchez, F.J., Andrés de, E.F., Tenorio, J.L., Ayerbe, L., 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pistum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Research*, 86:81-90.
- Sayed, S.A., Gadallah, M.A.A., Salama, F.M., 2013. Ecophysiological studies on three desert plants growing in Wadi Natash, Eastern Desert, Egypt. *Journal of Biology and Earth Sciences*, 3(1): 135-143.
- Stojnić, S., Pekeč, S., Kebert, M., Pilipović, A., Stojanović, D., Stojanović, M., Orlović, S., 2016. Drought effects on physiology and biochemistry of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) and Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) saplings grown in urban area of Novi Sad, Serbia. *South-East European Forestry*, 7(1): 57-63.

- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Güner, Ş.T., 2016. Kök boğazı çapı ve fidan boyunun karaçam (*Pinus nigra*), Toros sediri (*Cedrus libani*) ve saçlı meşe (*Quercus cerris*) fidanlarının yarı-kurak sahalardaki tutma başarısına etkisi. *Ormancılık Dergisi*, 12(1): 105-111.
- Tüfekçi, S., Gürlevik, N., Polat, O., Topal, A., Polat, S., Gültekin, H.C., 2016. Yerel mikorizal türlerle aşılamanın saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) fidanı gelişimine etkileri. *Orman Genel Müdürlüğü Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1(3): 38-49.
- Valero-Galván, J., González-Fernández, R., Navarro-Cerrilo, R.M., Gil-Peigrín, E., Jorrín-Novo, J.V., 2013. Physiological and proteomic analyses of drought stress response in Holm Oak provenances. *Journal of Proteome Research*, 12: 5110-5123.
- Vasques, A.R., Pinto, G., Dias, M.C., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J.M., Vallejo, V.R., Santos, C., Keizer, J.J., 2016. Physiological response to drought in seedlings of *Pistacia lentiscus* (mastic tree). *New Forests*, 47: 119–130.
- Wu, M., Zhang, W.H., Ma, C., Zhou, J.Y., 2013. Changes in morphological, physiological, and biochemical responses to different levels of drought stress in Chinese cork oak (*Quercus variabilis* Bl.) seedlings. *Russ. J. Plant Physiol.*, 60(5): 681–692.