

Yumuşak Çekirdekli Meyve Türlerinde Kuraklığın Etkileri

Zaki Ahmad FAIZI^{1*}, Ahmet ÖZTÜRK²

ÖZET: Elma, armut, ayva, trabzonhurma, yenidünya, muşmula ve alıç dünyada önemli üretim potansiyeline sahip yumuşak çekirdekli meyve türleri arasındadır. Sıcaklık yetiştiriciliği sınırlandıran en önemli iklim faktörüdür. Son yıllarda küresel iklim değişikliğiyle birlikte kuraklığın artması ve su kaynaklarına erişimin azalması sıcaklığın en önemli etkileri olarak ortaya çıkmaktadır. Su stresi altındaki yumuşak çekirdekli meyve türlerinde ortaya çıkan morfolojik, biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler değişimlerin etkisi ile verim ve kalite parametrelerinin düşmesi dolayısıyla ağaçların ekonomik verim değerleri olumsuz etkilenmektedir. Dayanıklılık ıslahı, kaolin, melatonin, anti-transpirant (brasinolid), gövde azaltması, silika, nitrik oksit, besin maddesi uygulaması, mikorizal funguslar ve bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler ile aşılama, toprak işleme uygulamaları ve gölgelik örtü sistemleri farklı yöntemler ve uygulamalar stres faktörlerinin olumsuz etkilerini azalabilmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmada yumuşak çekirdekli bazı meyve türlerinde kuraklığın etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dayanıklılık ıslahı, Kuraklık, Kuraklığa tepki, Yumuşak çekirdekli meyveler

Effects of Drought on Pome Fruit Species

ABSTRACT: Apple, pear, quince, persimmon, loquat, medlar and hawthorn are among the pome fruit species with significant production potential in the world. Temperature is the most important climatic factor which can lead to limiting the cultivation. The increase in drought with global climate change and the difficulty in accessing water resources are emerging as the most important effects of temperature in recent years. With the effect of morphological, biochemical, physiological and molecular changes in pome fruit species under water stress, it leads to a decrease in quality parameters, yield and negatively affecting the economic yield value of pome fruit trees. Resistance breeding, kaolin, melatonin, anti-transpirant (brasinolide), stem reduction, silica, nitric oxide, nutrient application, inoculation with mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria, soil tillage practices and shade cover systems are different methods and applications that are widely used in order to reduce the negative effects of water stress on pome fruit trees. In this study, the effects of drought on some pome fruit species were tried to be revealed.

Keywords: Drought, Drought response, Pome fruits, Resistance breeding

¹ Zaki Ahmad FAIZI ([Orcid ID: 0000-0002-1429-6493](https://orcid.org/0000-0002-1429-6493)), Ondokuz Mayıs University, Post Graduate Institute, Horticulture Department, Samsun, Türkiye

² Ahmet ÖZTÜRK ([Orcid ID: 0000-0002-8800-1248](https://orcid.org/0000-0002-8800-1248)), Ondokuz Mayıs University, Horticulture Department, Samsun, Türkiye

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Zaki Ahmad FAIZI, e-mail: zaky.faizi1369@gmail.com

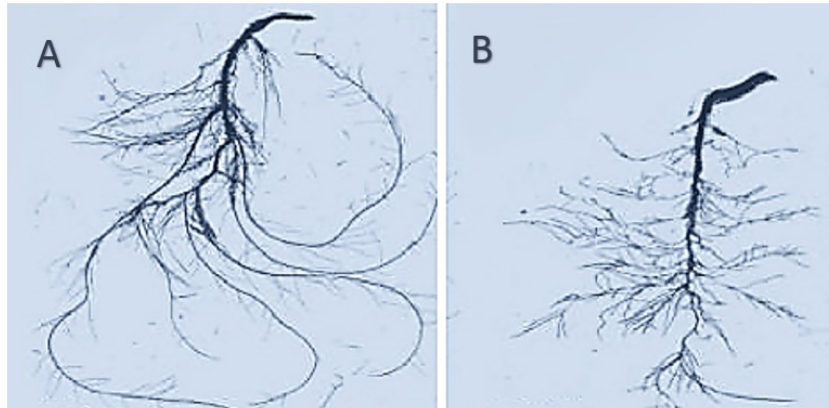
GİRİŞ

Meyveler dünyada hem ekonomik getirileri hem de sağlık açısından yararları dolayısıyla en yaygın tarımı yapılan ürünler arasında yer almaktadırlar. Buna karşın tarımsal alanların giderek azalması ve iklim değişikliği gibi nedenlerden dolayı üretim miktarları ve alanları olumsuz etkilenmektedir. Son yıllarda küresel iklim değişikliğine bağlı olarak etkisini her geçen gün hissettiren kuraklık, bitkinin ihtiyacını karşılayacak suyun toprakta bulunmaması olarak tanımlanmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005; Örs ve Ekinci, 2015). Bitkilerde büyüme ve verimi etkileyen en önemli iklimsel faktör olan kuraklık pekçok morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler tepkiyi ortaya çıkarmakta olup bitkiler bu olumsuz çevre koşullarına adapte olabilmek için farklı tolerans mekanizmaları ortaya koymaktadır (Pou ve ark., 2013; Nader, 2019). Kuraklık stresi altındaki bitkilerde akuaporin gen ifadesinde artış yada azalış şeklinde değişimler olabilmektedir (Tyerman ve ark., 2002). Hassas ve toleranslı çeşitler arasında akuaporin ifadesinde farklılıklar gözlenmektedir (Lian ve ark., 2004). Gelecekte artan dünya nüfusuna paralel olarak evsel, belediye, endüstriyel ve çevresel ihtiyaçlar nedeniyle daha fazla suya ihtiyaç duyulacaktır. Küresel iklim değişikliği ve artan kuraklık nedeniyle artan su tüketimindeki eğilime bağlı olarak suyun kullanımına yönelik planlamaların yapılması ve özellikle tarımsal su kıtlığının çözümüne yönelik adımların atılması önem arz etmektedir (Jadhav ve ark., 2018). Bu çalışma ile ülkemizde ve dünyada üretimi en fazla yapılan yumuşak çekirdekli meyve türlerinde kuraklığın etkileri mevcut literatürler ışığında incelenmeye çalışılmıştır.

Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarının Kuraklığa Tepkileri

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarının kuraklığa morfolojik tepkileri

Kuraklıkta yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarının sürgün gelişimi, yaprak genişlemesi ve sürgün uzaması yavaşlamaktadır (Hardie ve Martin, 2000). Ancak kök büyümesinde meydana gelen azalma yaprak ve sürgün gelişimindeki azalmadan daha azdır (Dry ve ark., 2000). Bu nedenle nemli koşullara göre kurak koşullarda elma ağaçlarının kökleri toprağın daha derinlere ulaşarak derin toprak katmanlarındaki suyu alarak büyümelerini sürdürmektedirler (Song ve ark., 2020). Elmada kurak koşullarda normal koşullara göre kök morfolojisinde değişiklikler meydana gelmektedir (Şekil 1) (Qi ve ark., 2019). Kuraklığın armutta gövde çapı ve yaprak alanı (Kucukyumuk, 2020) ile bitki boyu ve yaş kök ağırlığını (Gür, 2018) azalttığı tespit edilmiştir. Ayvada sürgün uzunluğu, sürgün çapı, bitki toplam taze ağırlığı, bitki toplam kuru ağırlığının kuraklıkla azaldığı belirlenmiştir (Bolat ve ark., 2014). Yenidünya ağaçlarında su stresinin bitki boyu, gövde çapı, toplam yaprak kuru ağırlığı, toplam yaprak alanı ve özgül yaprak ağırlığı üzerine etki etmiştir (Gugliuzza ve ark., 2020).



Şekil 1. Elma fidanlarında (*Malus hupehensis*) kuraklık stresi altında kök morfolojisinde meydana gelen değişiklikler. A- kontrol. B- su stresinde (Qi ve ark., 2019)

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarının kuraklığa biyokimyasal tepkileri

Bitkilerin kuraklık stresiyle başa çıkma kabiliyetlerinin, su kaybı sırasında antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırarak reaktif oksijen türlerinin temizleme yetenekleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Sadeghnezhad ve ark., 2016; Auler ve ark., 2017; Noctor ve ark., 2018; Wang ve ark., 2019). Kuraklık koşulları altında transgenik elmalardaki reaktif oksijen türlerinin transgenik olmayan elmalardan önemli ölçüde düşük olduğu, düşüklüğün nedenin ise süperoksit dismutaz, peroksidaz ve katalaz gibi antioksidan enzimlerin yüksek aktivitelerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Jia ve ark., 2019). Katalaz, stoma iletkenliğini azaltarak aşırı su kaybının önlenmesine katkıda bulunur (Beis ve Patakas, 2012).

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarının kuraklığa fizyolojik tepkileri

Kuraklık stresinde şekerlerin rolü Çizelge 1'de sunulmuştur. Kuraklık stresinde şekerlerin rolü yumuşak çekirdekli meyvelerinin fizyolojik tepkilerinde çok belirgindir. Armutta kuraklıkla birlikte fotosentez ve stomatal iletkenlik azalmaktadır (Kucukyumuk, 2020). Şiddetli kuraklık trabzonhurmasında kloroza, yaprak ve meyvelerde dökülmelere, hücre ölümlerine, meyvelerde küçülmeye, şeker birikiminin gecikmesine, renk kaybına, meyve kalitesi ve verimde düşüşe neden olmaktadır (Badal ve ark., 2010). Armudun kuraklık stresiyle birlikte toplam fenolik madde, çözünebilir şeker, prolin, antioksidan enzimlerin aktiviteleri, Fe, Mg ve Mn değerlerinin arttığı, N, Cu, B, Zn, P, Ca ve K değerlerinin ise azaldığı belirtilmektedir (Gur, 2018). Ayvada kurak koşullarda bağlı su içeriği ve klorofil indeksinin azaldığı, ancak elektrolit sızıntısının arttığı bildirilmiştir (Bolat ve ark., 2014).

Çizelge 1. Kuraklık stresinde şekerlerin rolü

Fizyolojik olarak	Fotosentez	Yüksek şeker birikmesi, fotosentezi önemli ölçüde engeller ve bodur büyüme ve nekrotik yapraklara yol açar (Sami ve ark., 2016). Düşük konsantrasyonlarda eksojen glikoz gibi şekerler fotosentezi, rezerv mobilizasyonu ve taşınmasını artırırken, yüksek şeker konsantrasyonları karbonhidrat depolamasını ve büyümeyi teşvik eder (Rolland ve ark., 2002).
	Yaşlanma	Şekerler yaşlanmayı hızlandırmaktadır (Doorn, 2008).
	Çiçeklenme	Ortamdaki yüksek glikoz seviyeleri çiçeklenmeyi önemli ölçüde geciktirir ve düşük glikoz seviyesi çiçeklenmeyi uyarır (Smeekens ve ark., 2010).
	Hipokotil büyümesi	Glukoz ve sakaroz gibi şekerler hipokotil uzamasını inhibe eder (Gibson, 2005).
Sinyal molekülü olarak	Fotosentez ile ilişkili genlerin azalması	Yüksek şeker konsantrasyonu, fotosentez ile ilişkili genlerin baskılanmasını tetikler (Hammond ve ark., 2011).
	Yaşlanma ile ilgili genlerin artması	Dışsal glikoz ve düşük nitrojen uygulaması, yaşlanma ile ilişkili genlerin (SAG'ler) ifadesini yüz kata kadar artırır (Wingler ve ark., 2006).
Prolin birikimine etkisi		Çözünür şeker birikimi prolin içeriğini artırır (Sami ve ark., 2016).
Yapraklar üzerine etkisi	Stoma kapanması	Glikoz, kuraklık stresi altında bitkinin adaptasyon kabiliyetini artırır, stoma kapanmasını teşvik eder (Osakabe ve ark., 2014)
	Membran koruması	Şeker birikimi, su eksikliğinde hücre zarının oksidasyonunu engeller (Arabzadeh, 2012).
	Yaprak şişkinlik	Çözünür şekerler yaprakların şişkinliğini, yaprak su içeriğini ve ozmotik dengeyi korur, hücre zarının ve proteinlerin dehidrasyonunu önler (Sami ve ark., 2016).

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarının kuraklığa moleküler tepkileri

Çok yıllık bitkilerde kuraklık toleransının genetik mekanizması yaygın olarak incelenmektedir (Joshi ve ark., 2016). Alıç fidanlarının yapraklarında, stres hormonu olan ABA kurak dönemlerde köklerde sentezlenerek stomaların kapanmasına ve genlerin ifadesinde değişikliğe neden olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kuraklıkla birlikte yüksek ROS ve kalsiyum iyonları konsantrasyonunun genetik programda bir değişikliğe de neden olduğu bildirilmiştir (Stellfeldt ve ark., 2018). Elmada MdATG8i gibi bazı genlerin aşırı kuraklık stresine toleransa neden olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2016; Jia ve ark., 2021). Elmalarda kuraklıkla birlikte MdNPR1 geninin azaldığı bildirilmiştir (Joshi ve ark., 2020). Transkriptom çalışmalar sayesinde kuraklık stresine karşı ifade olunan pek çok gen bölgesi saptanmış olup bu çalışmalar halen devam etmektedir (Rushton ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2018). Transkripsiyonel düzenleme mekanizmaları da bitkinin kuraklık stresinde kritik rol oynamaktadır. Akuaporinler hücreler arasındaki su hareketinin düzenlenmesinde ve ksilemdeki tıkanmaların düzeltilmesinde görev yapmakta (Lovisolo ve ark., 2010; Turgay, 2015) ve stres etmenlerine yanıt olarak çok sayıda protein birikiminde artış ve enzimlerin aktivitesinde değişikliklere neden olur (Budak ve ark., 2013). Akuaporin genlerinin ifadesindeki azalma bitki dokularındaki hücreden hücreye suyun hareketini azaltmıştır (Turgay, 2015; Macho ve ark., 2018).

Yumuşak çekirdekli meyve anaçları ve çeşitlerinin kuraklık etkileşimi

Meyvecilikte çeşitlerin olumsuz toprak ve iklim koşullarından etkilenmesini en aza indirmek ve buldukları ortama daha kolay adapte olmaları anaç kullanımı ile sağlanabilmektedir (Hepaksoy, 2019). Anaçlar suyun topraktan alımını kontrol edip transpirasyonu düzenleyerek kuraklığa toleransta önemli bir rol oynarlar (Tramontini ve ark., 2013). Armutta incelenen çöğür, BA 29, Farold 40, OHxF 333 ve Fox 11 anaçları arasında kuraklık stresine en dayanıklı anaçların BA 29 ve OHxF 333 olduğu bildirilmiştir (Gür, 2018). Kuraklık şartlarında köklerdeki sitokin hormon seviyesinin azalmasıyla beraber çeşitlerin vegetatif gelişimi azalır (Lovisolo ve ark., 2010). Gelişmiş kök sistemine sahip olan anaçlar olumsuz çevre şartlarına uyum sağlamak için değişiklikler göstermektedir (Zhang, 2017). Wang ve ark. (2012) *Malus prunifolia* ve *Malus hupehensis* elma çöğür anaçlarında yürüttükleri çalışmada süperoksit dismutaz, peroksidaz, askorbat peroksidaz, glutatyon redüktaz ve dehidroaskorbat redüktaz aktivitelerinin *M. prunifolia*'da *M. hupehensis*'e göre daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir.

Kuraklığın Yumuşak Çekirdekli Meyve Türlerine Etkileriyle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Armut'ta kuraklığın etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Su, armut yetiştiriciliğinde ticari sürdürülebilirliğin sağlanmasında en önemli faktörlerden birisidir. OHF333 üzerine aşılı 'Deveci', 'Ankara', 'Margarita' armut çeşitlerinde uyguladığı farklı kuraklık stresinin genç armut ağaçları üzerindeki etkilerini tespit etmeyi amaçlayan Küçükymuk (2020) fotosentez, stomatal iletkenlik, SPAD, gövde çapı ve yaprak alanı bakımından 'Deveci' çeşidinin, 'Ankara' ve 'Margarita' çeşitlerine göre kuraklık stresine daha dayanıklı çeşit olduğunu belirtmiştir. Su stresinin membran geçirgenliği, lipid peroksidasyonu, toplam fenolik madde, çözünebilir şeker, prolin ve antioksidan enzim aktivitesi ile Fe, Mg ve Mn değerlerinin artmasına karşın bağıl su içeriği, klorofil yoğunluğu ile mineral maddelerden N, Cu, B, Zn, P, Ca ve K miktarlarının ise azalmasına neden olduğu belirtilmiştir (Sami ve ark., 2016; Gür, 2018). Velez ve ark. (2021) hasatta meyve yapısını, klorofil ve karotenoidler gibi pigmentleri, renk indeksini, fenol, şeker ve asit içeriğini etkilemediği ancak önemli ölçüde su tasarrufu sağlandığı için kısıtlı sulamanın tropik koşullarda armut üretimi için önerilen verimli bir sulama tekniği olduğunu vurgulamıştır. Bazı armut türlerinin (*P. biossieri*, *P. communis*, *P. glabra*, *P. salicifolia* ve *P. syriaca*) farklı su stresi

seviyelerine fotosentetik tepkilerini inceleyen Babaei ve ark. (2021) kuraklık stresi seviyelerinin tüm türlerde morfolojik ve fizyolojik tepkileri önemli ölçüde sınırladığını, yaprak bağıl su içeriğini, net fotosentez hızını, stoma iletkenliğini, terleme hızını ve hücreler arası karbondioksit konsantrasyonunu azalttığını belirtmişlerdir. Kuraklığa dayanıklı anaçlar elde etmek amacıyla yapılan araştırmada *P. salicifolia*'nın kuraklığa daha toleranslı olduğu ifade edilmiştir (Tatari ve ark., 2020). Armut türlerinde akrabalığa bağlı olarak kuraklığa tolerans yada dayanım düzeylerinin farklılık gösterdiği, yabancıların kültürlere göre daha yüksek kuraklık toleransına sahip olduğu bildirilmiştir (Paudel ve ark., 2019). Meyve bahçelerinde yapılan malç uygulamasının kuraklığa karşı suyun tutulmasında etkili olduğu ve bu uygulamanın stoma iletkenliği, yaprak sıcaklığı ve klorofil içeriği üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır (Lepaja ve ark., 2018). Hızlı meyve büyüme aşamasında 'Triumph de Vienne' armut çeşidinde kısıtlı sulama ile meyve kalitesi artmış, ağaçların verimi olumsuz etkilenmeden önemli ölçüde su tasarrufu sağlanmıştır (Moreno ve ark., 2017). Armutun morfolojik, fizyolojik ve gaz değişim özellikleri üzerine paklobutrazol'un morfolojik ve fizyolojik özellikleri modifiye ederek etki ettiği, bitkilerin su stresini tolere etmesini sağladığı ifade edilmektedir (Dbara ve ark., 2021). Farklı armut ve ayva anaçları üzerine aşılı bir yaşlı 'Flemish Beauty' armut çeşidinin büyüme, su ilişkileri ve antioksidan aktivitelerini inceleyen Sharma ve Sharma (2008) bitki boyu, sürgün ve kök kuru ağırlıklarının su stresi ile önemli ölçüde azaldığını, Kainth armut çöğürü ve BA 29 ayva klon anaçlarının su stresi koşullarında oksidatif hasara karşı daha iyi koruma mekanizması sergilediğini vurgulamışlardır. Armut yetiştiriciliğinde kültürel uygulamalardan olan meyve seyreltmesi su stresinin etkilerini azaltmak için uygulanabilmektedir. 'Conference' armut çeşidinde kısıtlı sulama ve meyve seyreltme uygulamasının hasatta ve hasat sonrasındaki etkilerini inceleyen Lopez ve ark. (2011) kısıtlı sulamanın hasatta meyve sertliğini, SÇKM ve asit içeriğini artırdığını; meyve seyreltmenin, meyve etilen üretimini artırdığını, artan etilen düzeyinin de kuraklık durumunda istenilen daha erken hasata yol açabileceğini ve bu nedenle meyve seyreltme ve su kısıtının armutta pazarlanabilir meyve miktarını artırmak için yararlı bir teknik olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak yüksek işçilik maliyeti ve toplam pazarlanabilir ürün miktarındaki azalma nedeniyle tam ve kısıtlı sulama şartlarında meyve seyreltmesinin önerilemeyeceği belirtilmiştir (Marsal ve ark., 2010). Anaçların (Malling H ve Quince Sydo) farklı su kısıtlama seviyelerinde (100, 50, 25, 0) 'Abbe Fetel' armudunun su tüketimi ve yaprak performansı üzerine etkisini inceleyen Losciale ve ark. (2014) şiddetli su stres koşullarında gövde su potansiyeli, stoma iletkenliği ve yaprak net fotosentezinin her iki anaçta da benzer şekilde azaldığını, meyve bahçelerinde suyun daha iyi yönetimi için doğru anaç seçiminin önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Ayva'da kuraklığın etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Ayva (*Cydonia oblonga*) diğer yumuşak çekirdekli meyve türlerine göre daha az bakım gerektirmesinin yanında, insan beslenmesi için gerekli besin maddeleri ve faydalı bileşikler açısından zengin bir meyvedir. Ayva ağaçlarının su stresine tepkisi ve stresten korunma mekanizmasını anlamak için yapılan bir araştırmada, su stresinin başlangıcından maksimum su stresi oluşuncaya kadar oluşan stres tolerans mekanizması nedeniyle yaprak turgoru korunmuş, korunan bu yaprak turgorunun yüksek yaprak iletkenliği ve iyi gelişmiş yaprak üretimine katkıda bulunduğu ve su stresine toleransta bu durumun etkili olduğu belirtilmiştir (Grinan ve ark., 2019). MA ayva anacının bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri ve tomurcuk oluşumu üzerine farklı su stresinin etkilerini inceleyen Bolat ve ark. (2014) su stresinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler ile aşu başarısını önemli ölçüde etkilediğini, artan su stresinin nisbi sürgün uzunluğu, çapı ve toplam bitki yaş ve kuru ağırlıklarını azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılara göre, su stresindeki artışın anaçta daha

yüksek peroksidaz aktivitesi ve fenol içerikleri ile sonuçlandığını, stresin etkisinin su stresinin artmasıyla arttığını, bu nedenle de yetiştiricilerin hem fidanlıkta hem de su kıtlığının olduğu meyve bahçelerinde MA ayva anacını kullanırken dikkatli olmaları gerektiğini ifade etmişlerdir.

Elma'da kuraklığın etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Diğer meyve türlerinde olduğu gibi elma da su stresi ve kuraklıktan etkilenmektedir. Kuraklık stresi koşullarında meydana gelen tepkilerle ilgili pekçok çalışma yapılmıştır. Anaç seçiminin bir bitkide antioksidan sistemi geliştirerek kuraklık direncini artırabileceğini bildiren Liu ve ark. (2012) *Malus sieversii* ve *M. hupehensis* anaçları üzerine aşılı 2 yaşlı 'Gale Gala' elma çeşidinde kuraklık stresi ile bitkilerde toplam biyokütle, yaprak alanı, sürgün çapı ve büyüme oranı gibi değerlerde azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Farklı elma anaçlarını orta ve şiddetli kuraklık stresi altında inceleyen Sakalauskaite ve ark. (2006) orta derecede uygulanan stresle birlikte çöğür hariç tüm anaçlarda; şiddetli kuraklık sonucunda ise tüm anaçlarda yaş ve kuru ağırlığın kontrole göre % 50 oranında azaldığını, kuraklığın yaprakların erken yaşlanıp dökülmesine ve yaprak alanının azalmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2012) *Malus prunifolia* ve *Malus hupehensis* elma anaçlarında su kısıtı şartlarında enzim aktivitesinin *M. prunifolia*'da *M. hupehensis*'e göre daha fazla bulunduğu, su stresine tepki olarak, *M. prunifolia* ve *M. hupehensis*'in yapraklarında oksidatif hasarı en aza indirmek için antioksidan enzimlerinin ve antioksidan aktivitelerinin arttığını bildirmişlerdir. Kısıtlı su uygulamaları iri meyveli 'Honeycrisp' elma çeşidinde acı benek hastalığını engellemektedir (Reid ve Kalcsits, 2020). Kuraklık stresinin elmada CO₂ asimilasyonu ve enerji bölünmesi üzerine etkisini belirleyen Ping ve Bai (2015) kuraklık arttıkça yaprak nispi su oranı, net fotosentez oranı ve stoma iletkenliğini azalttığını, ancak klorofil konsantrasyonunun değişmeden kaldığını bildirmişlerdir. Elma ağaçları şiddetli kuraklık altında CO₂ fiksasyonunu azaltmaktadır.

Alıç'ta kuraklığın etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Yumuşak çekirdekli meyve türlerinden armut yetiştiriciliğinde kurak koşullara dayanımı bakımından anaç olarak kullanılan alıç (*Crataegus aronia* L.) kuraklık toleransı yüksek bir türdür (Özçağırın ve ark., 2005). Kuraklık şiddeti arttıkça alıçta toplam klorofil içeriğinin kuraklık stresinden etkilenmemesine rağmen, kuraklık stresine tepki olarak karotenoid içeriği, nisbi su içeriği ve gövde su potansiyelinin azaldığı ifade edilmiştir. Ayrıca ozmotik ayarlamalar arttıkça prolin ve toplam çözünür karbonhidrat konsantrasyonunun da arttığı belirtilmiştir (Ashkavand ve ark., 2014). Alıç bitkisinin yapılan bazı uygulamalarla orta ve kademeli kuraklık stresini tolere edebildiği ancak su stresinin oksidatif strese neden olduğu vurgulanmıştır. Alıç (*Crataegus aronia* L.) fidanlarında 60 günlük su kısıtının gövde büyümesinde % 44, çap büyümesinde % 39 azalmaya neden olduğu ve fidanların morfolojik özelliklerinin kuraklık stresi altında azaldığı bildirilmiştir (Ashkavand ve ark., 2016). Kuraklık stresine maruz bırakılan *Crataegus laevigata* ve *Crataegus monogyna* olmak üzere iki alıç türünde kuraklık stresinin her iki alıç türünde de epikateşin ve hiperoksit seviyeleri ile antioksidan kapasitesinde artışa neden olduğu belirtilmiştir (Kirakosyan ve ark., 2003).

Yenidünya'da kuraklığın etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Bir yaşlı aşılı yenedünyanın yaprak ve köklerinde sorbitol üretimi üzerine su stresinin etkilerini inceleyen Cui ve ark. (2003) yapraklarda ve köklerde sorbitol birikiminin stres durumlarında arttığını ve yeniden sulama sonrasında tekrar azaldığını belirlemişlerdir. Yenedünyada artan su stresi seviyelerinde bitki su durumu ile gaz değişim parametreleri arasında ilişki olduğu belirtilmektedir. 'Algerie' yenedünya çeşidinde artan su stresi seviyelerinin sulanmayan bitkilerde yaprak sıcaklığında sabit bir artışa neden olmadığı, sulanmayan bitkilerin, su stresinin şiddeti nedeniyle solduğu ve bazı yapraklarını kaybettiği vurgulanmıştır (Stellfeldt ve ark., 2018). Hasat sonrası kısıtlı sulama

stratejilerinin 'Cordona' ve 'Algerie' yenidoğya çeşitlerinde çiçek açma, hasat tarihleri ve ekonomik getiri üzerine etkilerini inceleyen Ballester (2018) erken ve geç kısıtlı sulama stratejilerinin her iki çeşitte de çiçeklenmeye neden olduğu, su kısıtı uygulamalarının verim üzerinde herhangi bir zararlı etki olmaksızın yüzde 30'dan fazla su tasarrufu sağladığını belirtmişlerdir. Yine 'Algerie' yenidoğya çeşidinde iki farklı kısıtlı sulama stratejisinin erken çiçeklenme ve erken hasadı teşvik etme kapasiteleri açısından düzenli kısıtlı sulamanın daha başarılı olduğu, hasat sonrası kısıtlı sulamanın, kontrole göre tam çiçeklenmeyi 10-20 gün erkene aldığı ve bu durumda meyve değeri artışı ile daha erken gelişmiş ve yüksek değere sahip verime yol açtığı belirtilmiştir (Hueso ve Cuevas, 2008). Ayva üzerine aşılı 'Marchetto' yenidoğya çeşidinde su stresinin büyüme ve metabolizma üzerindeki etkisini değerlendiren Gugliuzza (2020) yenidoğya'nın, kuraklığa orta derecede toleranslı bir tür olduğunu, şiddetli kuraklığın tüm büyüme parametrelerini ve özellikle yaprak büyümesini azalttığını, hafif stresli bitkilerde sorbitol birikiminin yaprak susuzluğuna karşı erken bir koruyucu mekanizma ve biyokimyasal bir belirteç olabileceğini belirtmiştir.

Trabzonhurması'nda kuraklığın etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Trabzonhurması sulama suyuna oldukça fazla ihtiyaç duymaktadır. Kuraklık özellikle fizyolojik meyve dökümü ve meyve üretimini etkileyen temel çevresel faktör olarak kabul edilmektedir (Özaçığiran ve ark., 2005; Badal ve ark., 2010). Japon trabzonhurması'nın (*Diospyros kaki* Thunb. 'Nishiura') üç farklı meyve büyüme aşamasında kuraklık stresine tepkilerini araştıran Yakushiji ve ark. (2012) meyve büyüme aşamasına bakılmaksızın, kuraklık stresi yaşayan ağaçların yaprak su potansiyelinin düştüğünü, birinci meyve büyüme aşaması (erken hızlı büyüme) sırasında, kuraklık stresli ağaçların meyve eti suyu potansiyeli ve turgor basıncının sulamanın durdurulmasından sonra hızla azaldığını ve kuraklık stresli ağaçlarda meyve eti sertliğinin azaldığını, şiddetli erken meyve dökümünün meydana geldiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar ikinci meyve büyüme aşamasında (yavaş büyüme) su stresinin et turgorunu azalttığını, olgun hızlı büyüme aşamasındaki kuraklık stresinin meyve suyu miktarı üzerine çok az etkiye sahip olduğunu belirtmişler ve Japon trabzonhurması'nda meyve suyu durumunun kuraklık stresine tepkilerinin meyve büyüme aşamalarına bağlı olduğunu vurgulamışlardır.

Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Kuraklık Stresine Toleransı Artırıcı Bazı Uygulamalar

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarının kuraklığa dayanımında farklı yaklaşımlar ve uygulamaların yapılması söz konusudur. Bu uygulama ve yaklaşımlar aşağıda kısaca açıklanmaya çalışılmıştır.

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında dayanıklılık ıslahı

Kuraklık stresi nedeniyle meyve ağaçlarının genetik potansiyellerinin ancak % 50'si kadar verim alınabilmektedir. Bu nedenle, kuraklığa karşı bitki dayanıklılığını oluşturmak ve bitkinin tüm genetik potansiyelini göstermesini sağlamak bitki ıslahında en temel yaklaşımlardan birisi olmuştur (Özcan, 2020). Kuraklık koşullarında dirençli elma çeşitlerinin köklerinde yapılan araştırmalarda, MdMYB88 ve MdMYB124 genlerinin uzun süreli kuraklık koşullarında kök hidrolik iletkenliğinin korunmasında önemli rol oynadığı ve bu nedenle adaptif kuraklık toleransına katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Buna ilave olarak, MdMYB88 ve MdMYB124'ün kuraklığa tepki olarak selüloz ve linyin köklü hücre duvarlarının birikimini düzenlediği gösterilmiştir (Geng ve ark., 2018).

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında dopamin uygulamaları

Elma fidanlarına 100 µM dopamin uygulamasının kuraklık stresinin etkilerini azalttığı bildirilmiştir. Dopaminin, fotosentetik pigmentlerin bozulmasını engellediği ve kuraklık stresi altında

net fotosentetik hızı arttırdığı tespit edilmiştir. Dopamin antioksidan enzimlerin aktivitesine aracılık ederek H_2O_2 içeriğini de azaltır. Bunu yanında, dopamin kuraklık stresi altında azot, sekonder metabolitler ve amino asitlerin metabolizması ile ilgili genlerin ekspresyonunu düzelttiği bildirilmiştir (Gao ve ark., 2020). Dopaminin elma ağaçlarının yaşlanmasını engellediği ve besin maddelerinin alımını, taşınmasını ve emilimini düzenleyerek kuraklık koşulları altında besin konsantrasyonlarını etkilediği saptanmıştır (Liang ve ark., 2018).

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında kaolin uygulamaları

Kaolin, ışığı yansıtıcı özelliğe sahip, değişik işlemlerden geçirilmiş kil mineralidir. Beyaz, gözeneksiz, aşındırıcı olmayan, şişmeyen, iyi öğütülmüş alimino silikat ($Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$) bileşimli, suda kolay dağılan ve geniş bir pH aralığında kimyasal olarak inert olma gibi özelliklere sahiptir (Özcan, 2020). Kaolinin su stresi altında, elma ağaçlarının su kullanım verimliliğini azalttığı; fotosentezi, stoma iletkenliğini, terlemeyi ve meyve verimini arttırdığı bildirilmiştir (Glenn, 2010; Glenn, 2016). Armut ağaçlarında su stresi altında uygulanan kaolinin ağaçların sulama suyu ihtiyacını azalttığı, indolasetik asit ve giberellik asit aktivitelerini yükselttiği bildirilmiştir (Fayed ve ark., 2018). İran'ın Alborz kentinde sürekli kısıtlı sulama altında erkenci iki elma çeşidinde (Golab ve Shaf-Abadi) kaolin uygulamalarının etkilerini araştıran Faghieh ve ark. (2021) kısıtlı sulama uygulamalarının meyve ağırlığını ve meyve boyunu önemli ölçüde azalttığını, % 6 kaolin uygulamasının meyve ağırlığını, meyve boyunu, meyve eti sertliğini ve yaprak prolin seviyesini arttırdığını bildirmişlerdir. Kuraklık stresine karşı % 6 kaolinin kullanılabileceği belirtilmiştir.

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında melatonin uygulamaları

Melatonin bitkilerde doğal olarak oluşan kuraklık stresine tepki ile bağlantılı küçük bir moleküldür. Elmada kuraklık koşulları altında melatonin uygulamasının, ROS temizleme mekanizmaları yoluyla klorofil bozulmasında azalmaya ve yaşlanmada gecikmeye yol açtığı vurgulanmıştır (Arnao ve ark., 2020, Tiwari ve ark., 2020). Yenidünya (*Eriobotrya japonica*) fidanlarında melatoninin Ca^{+2} sinyali, nişasta ve sükroz metabolizması, bitki hormonu sinyal transdüksiyonuna duyarlı transkripsiyon faktöründe yer alan genleri düzelttiğini bildiren Wang ve ark. (2021) endojen melatoninin, IAA ve sitokinin içeriklerini arttırdığını ve kuraklık koşullarında ise ABA içeriğini azalttığını bildirmişlerdir.

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında anti-transpirant (brassinosteroid) uygulamaları

Elma ağaçlarının kuraklık stresi koşulları altında 0.10 ppm konsantrasyonundaki brassinosteroid uygulamasının büyümenin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin korunmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir (Kumari ve ark., 2020).

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında silika (silisyum) uygulamaları

Silisyumun meyve ağaçlarının antioksidan savunma sistemini geliştirdiği, yapıcı antioksidan enzim aktiviteleri ile kuraklığa karşı artan direnç arasındaki ilişkiyi geliştirdiği ifade edilmiştir. Kuraklıkta silikon uygulaması sonucunda, bazı antioksidan enzimlerin (SOD, CAT ve GR) aktivitelerini ve ayrıca lipidlerin yağ asidi doymamışlığını ve fotosentetik pigmentlerin içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Balakhnina ve Borkowska, 2013). Alıç fidanlarının farklı silika nanopartikül konsantrasyonlarının (0, 10, 50 ve 100 mg^{-1}) ve üç toprak nem uygulamasının (stres, orta derecede stres ve şiddetli stres) kombinasyonlarına fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini araştıran Ashkavand ve ark. (2015) fidanları kuraklık stresine maruz bırakmadan önce 45 gün sulamıştır. Kuraklık koşullarında, silika nanopartiküllerin fotosentetik hızı ve stomatal iletkenlik üzerindeki etkisinin belirgin olduğu, ayrıca karbonhidrat ve prolin içeriğinde azalma görüldüğü bildirilmiştir. Sonuç olarak,

silika nanopartiküllerin alıç fidanlarında kritik fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonları sürdürmede olumlu bir rol oynadığı belirtilmiştir.

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında nitrik oksit uygulamaları

Nitrik Oksit (NO), bitkilerde çeşitli abiyotik streslere karşı indüklenen direnç, büyüme ve gelişimin fizyolojik metabolik süreçlerinde yer alan anahtar bir sinyal molekülü olarak ortaya çıkmıştır. Trabzonhurması (*Diospyros lotus*) fidanlarının üzerine yapılan bir araştırmada 100 µmol/L sodyum nitroprusit (SNP), nitrik oksit donörü olarak uygulanmıştır. Kuraklık stresi altında, sodyum nitroprusit uygulamaları fidanların su potansiyelini (ψ_w) ve klorofil içeriğini arttırdığı ve kuraklıktan etkilenmesini azalttığı bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2014).

Yumuşak çekirdekli meyve bahçelerinde modern sulama sistemleri uygulaması

Sulamayı optimize etmek ve su kullanım etkinliğini artırmak için Arjantin gibi bazı verimli armut bölgelerinde hala yaygın olan salma ve karık sulama yöntemlerinden kaçınılarak damla sulama ile sulama yapılması gerektiği bildirilmiştir (Musacchi ve ark., 2021).

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında besin maddesi uygulaması

Potasyumun bitkilerde su dengesini sağlayarak kuraklığa toleransı artırdığı, kuru tarım yapılan alanlarda çinkolu gübrenin ve yapraktan yapılan bor uygulamasının verimi artırdığı belirtilmektedir (Dasilva ve ark., 2011). Kuraklık stresi altındaki elma (*Malus hupehensis*) fidanlarının köklerinden potasyum alımında azalma gözlemlendiği, bu nedenle yapraktan potasyum uygulamasının elma ağaçlarının kuraklık stresi koşullarına direnmesine yardımcı olduğu, yapraktan uygulamanın fizyolojik süreçleri düzelttiği, verimi ve kaliteyi olumlu etkilediği ifade edilmiştir (Qi ve ark., 2019). Geciken yaprak yaşlılığı ve endojen poliamin seviyesindeki azalmadan dolayı kalsiyum (Ca) kuraklığa toleransı artırmaktadır. Kurak koşullarda bitki su içeriğini düzenlemede önemli bir potansiyele sahip olan selenyum (Se) bitki dokularında su içeriğinin istenilen miktarda kalmasını sağlamak ve bitki kök sisteminde su alımını artırmaktadır (Tripathi ve ark., 2014).

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında mikorizal funguslar ve bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ile aşılama

Arbusküler mikorizal mantarların elma ağaçlarının kuraklık direncini protein kinaz yolundaki genleri düzenleyerek arttırdığı ve elmaların şeker içeriğinin korunması sağladığı bildirilmiştir (Huang ve ark., 2020; Noceto ve ark., 2021). Arbusküler mikorizal mantarların toprak uygulaması ile elma fidanlarında büyümeyi arttırdığı, sürgünlerde N, K, P ve B, köklerde N, S, Cu, Fe, Mn, Mo ve Ti içeriğinin yükseldiği saptanmıştır (Gastol ve ark., 2016; Basile ve ark., 2020). Çok sayıda araştırma simbiyoz mikroorganizma uygulamalarının (*Mesorhizobium sp.*, *Burkholderia sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Rhizophagus irregularis*, *Funneliformis geosporum*, *Claroideoglossum claroideum*, *Rhizophagus irregularis*, *Funneliformis mosseae*, *Pseudomonas fluorescens*) kuraklık stresine toleransın artırılmasında etkili olduğunu göstermiştir (Aalipour ve ark., 2020; Anli ve ark., 2020).

Yumuşak çekirdekli meyve bahçelerinde toprak işleme uygulamaları

Kuru tarım koşullarında ve özellikle yağış rejiminin düzensiz, yağış miktarının az olduğu durumlarda toprak işlenerek suya rekabet eden bitkilerin ortamdan uzaklaştırılması gereklidir. Yarı kurak şartlarda azaltılmış toprak işleme yöntemi daha yüksek verim elde edilmesini sağlamaktadır (Bayram, 2015). Kurak bölgelerde 17 yaşındaki elma ağaçlarının 16 m derinliğe kadar olan toprak tabakalarının şiddetli kurumaya uğradığı ve bu bölgelerde elma üretimi ve kalitesinin düştüğü bildirilmiştir (Yunqiang ve ark., 2015; Peng ve ark., 2017). Bu bölgelerde toprakta teraslama ve malç uygulamaları toprak buharlaşmasını azalmış ve topraktaki suyu muhafaza etmiştir (Li ve ark., 2018).

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında gövde azaltma ve budama uygulamaları

Elma ağaçlarında orta ve şiddetli budamanın büyüme mevsiminde terlemeyi sırasıyla % 10.4 ve % 28.5 oranında önemli ölçüde azalttığı vurgulanmıştır. Normal yağışlı yıllarda elma bahçeleri için orta derecede budama, kurak yıllarda ise şiddetli budamanın bir alternatif olabileceği belirtilmektedir (Ye ve ark., 2021).

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında gölgelik örtülü sistemleri

Gölgeleme kurak ve yarı kurak bölgelerde karbon kazancını ve su kullanım verimliliğini artırır (Montanaro ve ark., 2009). Gölgeleme ağlarının su stresi rejimlerinde meyve ağaçlarının fizyolojik ve morfolojik özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir (Nicolas ve ark., 2005; Sofo ve ark., 2009) trafında bildirmişlerdir. Elma bahçelerinde iyi sulama ve su kısıtı koşullarında ışığı azaltmanın (gölgelemenin) bahçenin sürdürülebilirliğinin değerlendirildiği bir araştırmada, su kısıtı olduğunda gölgelemeyi % 50'ye çıkarmanın su tasarrufuna ve su stresiyle ilişkili yüksek kaliteli verimin korunmasına yardımcı olduğu, gölgelemenin su tasarrufunda sürdürülebilir ve güvenli bir bahçecilik tekniği olarak düşünülebileceği vurgulanmıştır (Lopez, 2018; Boini ve ark., 2021). Örtülü yetiştiricilik sistemlerinin meyve ağaçlarının fotosentetik performansını iyileştirdiği, su kısıtı altında artan biyokütle birikimini sağladığı, vejetatif büyüme sırasında su stresini yönetmek için etkili bir alternatif olduğu kanıtlanmıştır (Cordoba ve ark., 2021). Ağ sistemleri kurak ve yarı kurak bölgelerde armut yetiştiriciliği için tavsiye edilmiştir (Musacchi ve ark., 2021).

SONUÇ

Su stresi altında armut, ayva, elma, alıç, yenidünya ve trabzonhurması gibi yumuşak çekirdekli meyve türlerinde literatürlere göre bu değişimler kalitenin bozulması, verimin düşmesi ve ağaçların ekonomik verimliliğini olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu yüzden farklı yöntemler ve uygulamalar kullanarak bu olumsuz etkiler ve değişimler en aza indirilmeye çalışılmalıdır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Anli M, Baslam M, Tahiri A, Raklami A, Symanczik S, Boutasknit A, Meddich A, 2020. Biofertilizers as Strategies to Improve Photosynthetic Apparatus, Growth and Drought Stress Tolerance in the Date Palm. *Frontiers in Plant Science*, 1560.
- Arnao MB, Hernández-Ruiz J, 2020. Is phyto-melatonin a new plant hormone? *Agronomy*, 10(1): 95.
- Aalipour H, Nikbakht A, Etemadi N, Rejali F, Soleimani M, 2020. Biochemical Response and Interactions between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Growth Promoting Rhizobacteria during Establishment and Stimulating Growth of Arizona Cypress (*Cupressus arizonica* G.) under Drought Stress. *Scientia Horticulturae*, 261:108923.
- Arabzadeh N, 2012. The Effect of Drought Stress on Soluble Carbohydrates (Sugars) in Two Species of Haloxylon *Persicum* and *Haloxylon Aphyllum*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 11(1): 44-51.
- Ashkavand P, Tabari M, Zarafshar M, Tomášková I, Struve D, 2015. Effect of SiO₂ Nanoparticles on Drought Resistance in Hawthorn Seedlings. *Forest Research Papers*, 76(4): 350-359.
- Ashkavand P, Tabari M, Zarafshar M, 2014. Assessment of Drought Resistance in Hawthorn and Mahaleb Seedlings with Emphasis on Biochemical Parameters. *Zagros Forests Research*, 1(1): 1-18.
- Ashkavand P, Tabari M, Zrafshar M, 2016. The Growth and Physiology Characteristics of Mahaleb (*Prunus mahaleb*) and Hawthorn (*Crataegus aronia* L.) Seedlings to Drought Stress. *Iranian Journal of Forest*, 8(3): 277-289.
- Auler PA, Amaral MN, Rodrigues G, Dos S, Benitez LC, Maia LC, Souza GM, Braga EJB, 2017. Molecular Responses to Recurrent Drought in Two Contrasting Rice Genotypes. *Planta*, 246(5): 899-914.

- Basile B, Rouphael Y, Colla G, Soppelsa S, Andreotti C, 2020. Appraisal of emerging crop management opportunities in fruit trees, grapevines and berry crops facilitated by the application of biostimulants. *Scientia Horticulturae*, 267: 109330.
- Bayram M, 2015. Yarı Kurak Bir Bölgede Sürdürülebilir Toprak İşleme Yöntemlerinin Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesi Yoluyla Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Doktora Tezi (Basılmış)*.
- Babaei L, Sharifani MM, Darvishzadeh R, Abbaspour N, Henareh M, 2021. Impact of Drought Stress on Photosynthetic Response of Some Pear Species. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(4): 353-369.
- Balakhnina T, Borkowska A, 2013. Effects of Silicon on Plant Resistance to Environmental Stresses. *International Agrophysics*, 27(2).
- Ballester C, Buesa I, Soler E, Besada C, Salvador A, Bonet L, Intrigliolo DS, 2018. Postharvest Regulated Deficit Irrigation in Early and Intermediate Maturing Loquat Trees. *Agricultural Water Management*, 205: 1-8.
- Badal E, Buesa I, Guerra D, Bonet L, Ferrer P, Intrigliolo DS, 2010. Maximum Diurnal Trunk Shrinkage Is A Sensitive Indicator of Plant Water, Stress in *Diospyros kaki* (Persimmon) Trees. *Agricultural Water Management*, 98(1): 143-147.
- Beis A, Patakas A, 2012. Relative Contribution of Photoprotection and Anti-Oxidative Mechanisms to Differential Drought Adaptation Ability in Grapevines. *Environmental and Experimental Botany*, 78: 173-183.
- Bolat I, Dikilitas M, Ercisli S, İkinci A, Tonkaz T, 2014. The Effect of Water Stress on Some Morphological, Physiological, and Biochemical Characteristics and Bud Success on Apple and Quince Rootstocks. *The Scientific World Journal*, 769732.
- Boini A, Manfrini L, Morandi B, Corelli Grappadelli L, Predieri S, Daniele GM, López G, 2021. High Levels of Shading as a Sustainable Application for Mitigating Drought, in Modern Apple Production. *Agronomy*, 11(3): 422.
- Budak H, Akpınar BA, Unver T, Turktas M, 2013. Proteome Changes in Wild and Modern Wheat Leaves upon Drought Stress by Two Dimensional Electrophoresis and Nanolc-ESI-MS/MS. *Plant Molecular Biology*, 83(1-2): 89-103.
- Cordoba NHA, Trujillo MMP, Rincon BEC, Velazco NF, Magnitskiy S, Moreno LP, 2021. Shading Reduces Water Deficit in Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) Plants during Vegetative Growth. *Biorxiv*.
- Cui SM, Chen GL, Nii N, 2003. Effects of Water Stress on Sorbitol Production and Anatomical Changes in the Nuclei of Leaf and Root Cells of Young Loquat Trees. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 72(5): 359-365.
- Dbara S, Boussetta W, Hafi M, Mars M, 2021. Performance Assessment of Three Old Pear Cultivars (*Pyrus communis* L.) to Cope Drought Caused by Climate Change. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 351-366.
- Doorn WG, 2008. Is The Onset of Senescence in Leaf Cells of Intact Plants Due to Low or High Sugar Levels?. *Journal of Experimental Botany*, 59 (8): 1963-1972.
- Dry PR, Loveys BR, Düring H, 2000. Partial Drying of the Root zone of Grape. I. Transient Changes In Shoot Growth and Gas Exchange. *Vitis*, 39(1): 3-7.
- Dasilva EC, Nogueira RJMC, Da Silva MA, De Albuquerque MB, 2011. Drought Stress and Plant Nutrition. *Plant Stress*, 5(1): 32-41.
- Faghih S, Zamani Z, Fatahi R, Omid M, 2021. Influence of Kaolin Application on Most Important Fruit and Leaf Characteristics of Two Apple Cultivars under Sustained Deficit Irrigation. *Biological Research*, 54(1): 1-15.
- Fayed T, El-mohsen MAA, Ali MM, El-karim MSA, 2018. Enhancing water use efficiency of “Le Conte” pear trees under deficit irrigation conditions. *Biosci. Res.* 15:4452-4464.
- Gibson SI, 2005. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. *Current opinion in plant biology*, 8(1): 93-102
- Glenn DM, 2010. Canopy gas exchange and water use efficiency of (‘Empire’) apple in response to particle film, irrigation, and microclimatic factors. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 135: 25-32.
- Gastol M, Domagała-Świątkiewicz I, Bijak M, 2016. The effect of mycorrhizal inoculation and phosphorus application on the growth and mineral nutrient status of apple seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, 39(2): 288-299.
- Glenn DM, 2016. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple productivity and quality D.M. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 201: 101-108.
- Gao T, Zhang Z, Liu X, Wu Q, Chen Q, Liu Q, Li C, 2020. Physiological and transcriptome analyses of the effects of exogenous dopamine on drought tolerance in apple. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148: 260-272.
- Geng D, Chen P, Shen X, Zhang Y, Li X, Jiang L, Guan Q, 2018. MDMYB88 And MDMYB124 Enhance Drought Tolerance by Modulating Root Vessels and Cell Walls in Apple. *Plant Physiology*, 178(3): 1296-1309.
- Grinan I, Rodríguez P, Nouri H, Wang R, Huang G, Morales D, Galindo A, 2019. Leaf Mechanisms Involved in The Response of *Cydonia oblonga* Trees to Water Stress and Recovery. *Agricultural Water Management*, 221: 66-72.

- Gugliuzza G, Talluto G, Martinelli F, Farina V, Lo Bianco R, 2020. Water Deficit Affects the Growth and Leaf Metabolite Composition of Young Loquat Plants. *Plants*, 9(2): 274.
- Gür İ, 2018. Effects of Water Stress Applied on Some Pear Rootstocks for Morphological and Biochemical Changes. Süleyman Demirel University, Ph.D. Thesis (printed).
- Hammond JP, Broadley MR, Bowen HC, Spracklen WP, Hayden RM, White PJ, 2011. Gene expression changes in phosphorus deficient potato (*Solanum tuberosum* L.) leaves and the potential for diagnostic gene expression markers. *PloS one*, 6(9): e24606.
- Hepaksoy S, 2019. Meyvecilikte Anaç Kullanımı: Armut Anaçları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(2): 69-74
- Hardie WJ, Martin SR, 2000. Shoot Growth on defruited Grapevines: A Physiological Indicator for Irrigation Scheduling. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(1): 52-58.
- Huang D, Ma M, Wang Q, Zhang M, Jing G, Li C, Ma F, 2020. Arbuscular mycorrhizal fungi enhanced drought resistance in apple by regulating genes in the MAPK pathway. *Plant Physiology and Biochemistry*, 149: 245-255.
- Hueso JJ, Cuevas J, 2008. Loquat as a Crop Model for Successful Deficit Irrigation. *Irrigation Science*, 26(3): 269-276.
- Jia D, Jiang Q, Nocker S, Gong X, Ma F, 2019. An apple (*Malus domestica*) NAC transcription factor enhances drought tolerance in transgenic apple plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139: 504-512.
- Jia X, Gong X, Jia X, Li X, Wang Y, Wang P, Ma F, 2021. Overexpression of MdATG8i Enhances Drought Tolerance by Alleviating Oxidative Damage and Promoting Water Uptake in Transgenic Apple. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(11): 5517.
- Joshi RK, Bharat SS, Mishra R, 2020. Engineering drought tolerance in plants through CRISPR/Cas genome editing. *3 Biotech*, 10(9): 1-14.
- Jadhav PV, Kale PB, Moharil MP, Gawai DC, Dudhare MS, Munje SS, Dani RG, 2018. Genetic Engineering of Crop Plants for Salinity and Drought Stress Tolerance: Being Closer to the Field. *Abiotic Stress Tolerance Mechanisms in Plants*, 1: 1-84.
- Kirakosyan A, Seymour E, Kaufman PB, Warber S, Bolling S, Chang SC, 2003. Antioxidant Capacity of Polyphenolic Extracts from Leaves of *Crataegus laevigata* and *Crataegus monogyna* (Hawthorn) Subjected to Drought and Cold Stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(14): 3973-3976.
- Küçükyumuk C, 2020. Drought Response of Young Pear Trees (*Pyrus comminus*). *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(6): 7769-7781.
- Kumari S, Thakur A, Singh N, Chandel JS, Rana N, 2020. Influence of drought stress and brassinosteroid on growth and physio-biochemical characteristics of apple plants. *Indian Journal of Horticulture*, 77(1): 88-93.
- Liang B, Gao T, Zhao Q, Ma C, Chen Q, Wei Z, Ma F, 2018. Effects of exogenous dopamine on the uptake, transport, and resorption of apple ionome under moderate drought. *Frontiers in plant science*, 9: 755.
- Lepaja L, Kullaj E, Lepaja K, Avdiu V, Zajmi A, 2018. Effect of Water Stress on Some Physiological Indices in Young Pear Trees. In XXX International Horticultural Congress, 1253: 71-76.
- Lopez G, Larrigaudière C, Girona J, Behboudian MH, Marsal J, 2011. Fruit Thinning in 'Conference' pear Grown under Deficit irrigation: Implications for Fruit Quality at Harvest and after Cold Storage. *Scientia Horticulturae*, 129(1): 64-70.
- Losciale P, Zibordi M, Manfrini L, Morandi B, Pierpaoli E, Corelli GL, 2014. Rootstock Effect on Water Consumption in Pear 'Abbé Fetel'. In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes 1130: 403-408.
- Lian HL, Yu X, Ye Q, Ding XS, Kitagawa Y, Kwak SS, Tang ZC, 2004. The Role of Aquaporin RWC3 in Drought Avoidance in Rice. *Plant and Cell Physiology*, 45(4): 481-489.
- Liu B, Li M, Cheng L, Liang D, Zou Y, Ma F, 2012. Influence of Rootstock on Antioxidant System in Leaves and Roots of Young Apple Trees in Response to Drought Stress. *Plant Growth Regulation*, 67(3): 247-256.
- Lovisololo C, Perrone I, Carra A, Ferrandino A, Flexas J, Medrano H, Schubert A, 2010. Drought-Induced Changes in Development and Function of Grapevine (*Vitis* spp.) Organs and in Their Hydraulic and Non-Hydraulic Interactions at the Whole-Plant Level: a Physiological and Molecular Update. *Functional Plant Biology*, 37(2): 98.
- Li H, Zhao X, Gao X, Ren K, Wu P, 2018. Effects of water collection and mulching combinations on water infiltration and consumption in a semiarid rainfed orchard. *Journal of Hydrology*, 558: 432-441.
- Lopez G, Boini A, Manfrini L, Torres-Ruiz JM, Pierpaoli E, Zibordi M, Corelli GL, 2018. Effect of Shading and Water Stress on Light Interception, Physiology and Yield of Apple Trees. *Agricultural Water Management*, 210: 140-148.
- Mahajan S, Tuteja N, 2005. Cold, Salinity and Drought Stresses: An Overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2): 139-158.

- Montanaro G, Dichio B, Xiloyannis C, 2009. Shade Mitigates Photoinhibition and Enhances Water Use Efficiency in Kiwifruit under Drought. *Photosynthetica*, 47(3): 363-371.
- Marsal J, Behboudian MH, Mata M, Basile B, Del CJ, 2010. Fruit Thinning in 'Conference' Pear Grown under Deficit Irrigation to Optimise Yield and to Improve Tree Water Status. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(2): 125-130.
- Moreno HAC, Vélez SJE, Intrigliolo DS, 2017. Effect of Deficit Irrigation on Yield and Quality of Pear (*Pyrus communis* cv. Triumph of Vienna). *Agronomia Colombiana*, 35(3): 350-356.
- Macho RMA, Herrera RMB, Brejcha R, Schäffner AR, Tanaka N, Fujiwara T, Camacho CJJ, 2018. Boron Toxicity Reduces Water Transport From Root to Shoot in Arabidopsis Plants. Evidence for a Reduced Transpiration Rate and Expression of Major PIP Aquaporin Genes. *Plant and Cell Physiology*, 59(4): 841-849.
- Musacchi S, Iglesias I, Neri D, 2021. Training systems and sustainable orchard management for European pear (*Pyrus communis* L.) in the Mediterranean area: A review. *Agronomy*, 11(9): 1765.
- Nicolas E, Torrecillas A, Dellamico J, Alarcón JJ, 2005. Sap Flow, Gas Exchange, and Hydraulic Conductance of Young Apricot Trees Growing under a Shading Net and Different Water Supplies. *Journal of Plant Physiology*, 162(4): 439-447.
- Nader KB, Stoll M, Rauhut D, Patz CD, Jung R, Loehnertz O, Gomès E, 2019. Impact of Grapevine Age on Water Status and Productivity of *Vitis vinifera* L. cv. Riesling. *European Journal of Agronomy*, 104: 1-12.
- Noctor G, Reichheld JP, Foyer CH, 2018. ROS-Related Redox Regulation and Signaling in Plants. In *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 80: 3-12.
- Noceto PA, Bettenfeld P, Boussageon R, Hériché M, Sportes A, van Tuinen D, Wipf D, 2021. Arbuscular mycorrhizal fungi, a key symbiosis in the development of quality traits in crop production, alone or combined with plant growth-promoting bacteria. *Mycorrhiza*, 31(6): 655-669.
- Osakabe Y, Yamaguchi SK, Shinozaki K, Tran LS, 2014. ABA Control of Plant Macroelement Membrane Transport Systems in Response to Water Deficit and High Salinity. *The New Phytologist*, 202(1): 35-49.
- Özcan M, 2020. Bahçe Bitkilerinde Stres Fizyolojisi. *Ders Notu Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.*
- Özçağırın R, Ünal A, Özeker E, İsfendiyaroğlu M, 2005. Ilıman İklim Meyve Türleri, Yumuşak Çekirdekli Meyveler, Cilt-II, 73-126. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, Türkiye.*
- Örs S, Ekinci M, 2015. Kuraklık Stresi ve Bitki Fizyolojisi. *Derim*, 32(2): 237-250.
- Paudel I, Gerbi H, Zisovich A, Sapir G, Ben DS, Brumfeld V, Klein T, 2019. Drought Tolerance Mechanisms and Aquaporin Expression of Wild vs. Cultivated Pear Tree Species in the Field. *Environmental and Experimental Botany*, 167: 103-832.
- Ping M A, Bai, TH, 2015. Effects of Progressive Drought on Photosynthesis and Partitioning of Absorbed Light in Apple Trees. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(4): 681-690.
- Peng X, Guo Z, Zhang Y, Li J, 2017. Simulation of long-term yield and soil water consumption in apple orchards on the Loess Plateau, China, in response to fertilization. *Scientific Reports*, 7(1): 1-11.
- Pou A, Medrano H, Flexas J, Tyerman SD, 2013. A Putative Role for TIP and PIP Aquaporins in Dynamics of Leaf Hydraulic and Stomatal Conductances in Grapevine under Water Stress and Re-Watering. *Plant, Cell & Environment*, 36(4): 828-843.
- Qi J, Sun S, Yang L, Li M, Ma F, Zou Y, 2019. Potassium uptake and transport in apple roots under drought stress. *Horticultural Plant Journal*, 5(1): 10-16.
- Reid M, Kalcsits L, 2020. Water Deficit Timing Affects Physiological Drought Response, Fruit Size, and Bitter Pit Development for 'Honeycrisp' apple. *Plants*, 9(7): 874.
- Rolland F, Moore B, Sheen J, 2002. Sugar Sensing and Signaling in Plants. *The Plant Cell*, 14: 185-205.
- Rushton PJ, Somssich IE, Ringler P, Shen QJ, 2010. WRKY Transcription Factors. *Trends in Plant Science*, 15(5): 247-258.
- Sharma SAV, Sharma N, 2008. Effect of Rootstocks on Leaf Water Potential, Water Relations, Antioxidant Activities and Drought Tolerant in Flemish Beauty Pear under Water Stress Conditions. *Indian Journal of Plant Physiology*, 13(3): 266-271.
- Sakalauskaite J, Kviklys D, Lanauskas J, Duchovskis P, 2006. Biomass Production, Dry Weight Partitioning and Leaf Area of Apple Rootstocks under Drought Stress. *Sodininkyste Ir Darzininkyste*, 25(3): 283-291.
- Sami F, Yusuf M, Faizan M, Faraz A, Hayat S, 2016. Role of Sugars under Abiotic Stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 109: 54-61.

- Sadeghnezhad E, Sharifi M, Zare MH, 2016. Profiling of Acidic (Amino and Phenolic Acids) and Phenylpropanoids Production in Response to Methyl Jasmonate-Induced Oxidative Stress in *Scrophularia Striata* Suspension Cells. *Planta*, 244(1): 75-85.
- Smeeckens S, Ma J, Hanson J, Rolland F, 2010. Sugar Signals and Molecular Networks Controlling Plant Growth. *Current Opinion In Plant Biology*, 13(3): 274-279.
- Stellfeldt A, Maldonado MA, Hueso JJ, Cuevas J, 2018. Gas Exchange and Water Relations of Young Potted Loquat cv. Algeria under Progressive Drought Conditions. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(6): 1360-1368.
- Song X, Gao X, Wu P, Zhao X, Zhang W, Zou Y, Siddique KH, 2020. Drought responses of profile plant-available water and fine-root distributions in apple (*Malus pumila* Mill.) orchards in a loessial, semi-arid, hilly area of China. *Science of the Total Environment*, 723: 137739.
- Sofa A, Dichio B, Montanaro G, Xiloyannis C, 2009. Shade Effect on Photosynthesis and Photoinhibition in Olive during Drought and Rewatering. *Agricultural Water Management*, 96(8): 1201-1206.
- Tatari M, Jafari A, Shirmardi M, Mohamadi M, 2020. Using Morphological and Physiological Traits to Evaluate Drought Tolerance of Pear Populations. *International Journal of Fruit Science*, 20(4): 837-854.
- Tramontini S, Vitali M, Centioni L, Schubert A, Lovisolo C, 2013. Rootstock Control of Scion Response to Water Stress in Grapevine. *Environmental and Experimental Botany*, 93: 20-26.
- Tiwari RK, Lal MK, Kumar R, Chourasia KN, Naga KC, Kumar D, Zinta G, 2020. Mechanistic insights on melatonin mediated drought stress mitigation in plants. *Physiologia Plantarum*. doi:10.1111/pp1.13307
- Turgay G, 2015. Asma (*Vitis vinifera* L.) Aquaporin Genlerinin Biyoinformatik Analizi ve Farklı Dokularda İfade Profillerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Tyerman SD, Niemietz CM, Bramley H, 2002. Plant Aquaporins: Multifunctional Water and Solute Channels with Expanding Roles. *Plant, Cell & Environment*, 25(2): 173-194.
- Tripathi DK, Singh VP, Chauhan DK, Prasad SM, Dubey NK, 2014. Role of Macronutrients in Plant Growth and Acclimation: Recent Advances and Future Prospective. *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes*, 197-216.
- Velez SJE, Balaguera LHE, Alvarez HJG, 2021. Effect of Regulated Deficit Irrigation (RDI) on the Production and Quality of Pear Triunfo De Viena Variety under Tropical Conditions. *Scientia Horticulturae*, 278: 109880.
- Wang P, Sun X, Jia X, Wang N, Gong X, Ma F, 2016. Characterization of an autophagy-related gene MdATG8i from apple. *Frontiers in plant science*, 7: 720.
- Wang D, Chen Q, Chen W, Guo Q, Xia Y, Wang S, Liang G, 2021. Physiological and Transcription Analyses Reveal the Regulatory Mechanism of Melatonin in Inducing Drought Resistance in Loquat (*Eriobotrya japonica*) Seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 181: 104291.
- Wang YT, Chen ZY, Jiang Y, Duan BB, Xi ZM, 2019. Involvement of ABA and Antioxidant System in Brassinosteroid-Induced Water Stress Tolerance of Grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 256: 108596.
- Wang S, Liang D, Li C, Hao Y, Ma F, Shu H, 2012. Influence of Drought Stress on the Cellular Ultrastructure and Antioxidant System in Leaves of Drought Tolerant and Drought Sensitive Apple Rootstocks. *Plant Physiology and Biochemistry*, 51: 81-89.
- Wingler A, Purdy S, Maclean JA, Pourtau N, 2006. The Role of Sugars in Integrating Environmental Signals during the Regulation of Leaf Senescence. *Journal of Experimental Botany*, 57(2): 391-399.
- Yakushiji H, Sugiura H, Azuma A, Yamasaki A, 2012. Responses of Water Status and Fruit Quality of Japanese Persimmon (*Diospyros kaki*) to Drought Stress. In V International Symposium on Persimmon 996: 265-269.
- Ye M, Zhao X, Biswas A, Huo G, Yang B, Zou Y, Gao X, 2021. Measurements and modeling of hydrological responses to summer pruning in dryland apple orchards. *Journal of Hydrology*, 594: 125651.
- Yunqiang W, Mingan S, Zhipeng L, Zhang C, 2015. Characteristics of dried soil layers under apple orchards of different ages and their applications in soil water managements on the Loess Plateau of China. *Pedosphere*, 25(4): 546-554.
- Zhang L, Cheng J, Sun X, Zhao T, Li M, Wang Q, Xin H, 2018. Overexpression of VAWRKY14 Increases Drought Tolerance in Arabidopsis by Modulating the Expression of Stress-Related Genes. *Plant Cell Reports*, 37(8): 1159-1172.
- Zhang L, 2017. Grapevine Root Growth under Water Stress and its Relationship to Root Water Uptake. Universite De Bordeaux, Doctoral Dissertation.
- Zhang L, Wang J, Ai C, An M, Qin Z, 2014. Photosynthesis of *Diospyros lotus* Seedlings under Drought Stress Responding to Exogenous Nitric Oxide. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 30(3): 623-628.