



Derleme
(Review)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2021, 58 (3):457-467
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.882893>

Oğuzhan SOLTEKİN^{1*} 

Ahmet ALTINDIŞLI² 

Burçak IŞÇI² 

¹Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü,
Yetiştirme Tekniği Bölümü, Manisa/Türkiye

²Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe
Bitkileri Bölümü, İzmir/Türkiye

*İletişim (correspondence) e-posta:
oguz.soltekin@tarimorman.gov.tr

Anahtar sözcükler: Bağcılık bölgeleri, iklim etkisi, küresel ısınma, *Vitis vinifera*

Keywords: Viticultural zones, climatic influence, global warming, *Vitis vinifera*

İklim değişikliğinin Türkiye’de bağcılık üzerine etkileri

Effects of climate change on viticulture in Turkey

Alınış (Received): 18.02.2021

Kabul Tarihi (Accepted): 02.04.2021

ÖZ

Sanayi devriminden itibaren hızla artan sera gazları, küresel ısınmaya yol açarak yeryüzünün enerji dengesini değiştirmiştir. Bu nedenle dünyada iklim değişikliği göstermiş ve bu durum küresel bir sorun haline gelmiştir. Geçmişten günümüze kadar geçen sürede dünyanın çeşitli bölgelerinde farklı şekillerde etkisini gösteren küresel iklim değişikliği diğer tarım dallarını olduğu gibi bağcılık faaliyetlerini de etkilemektedir. Bu derlemede, iklim değişikliğinin Dünya’daki ve Türkiye’deki genel etkilerinin yanı sıra özellikle bağcılık üzerindeki olası tehditlerini inceleyen çalışmalar değerlendirilmiştir. Dünya genelinde önemli bir potansiyele sahip olan bağcılık sektörü son yıllarda iklimsel değişimlerin etkisi altındadır. Özellikle ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası’nda iklim değişikliğine ait etkilerin daha yoğun olması beklenmektedir. Başta sıcaklık artışı olmak üzere yağış miktarındaki azalmalar, yağış dağılımının değişmesi, aşırı hava ve iklim olaylarının sıklık ve şiddetindeki artışların bağcılığı çeşitli yönleriyle etkilemesi öngörülmektedir. Bağ alanları, asma fenolojisi, fizyolojisi, morfolojisi, vejetatif ve generatif gelişmesi, üzüm verimi ve kalite dengesi, üzüm tane kompozisyonu, biyoçeşitlilik, gıda güvenliği vb birçok parametrenin değişik oranlarda etkilenmesi kaçınılmazdır. Bu nedenle iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltıcı çalışmaların artırılması gerekmektedir. Ayrıca bağcılık açısından yerel iklim değişikliği projeksiyonlarına göre etkili önlemler uygulanmalı ve mevcut bağcılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

ABSTRACT

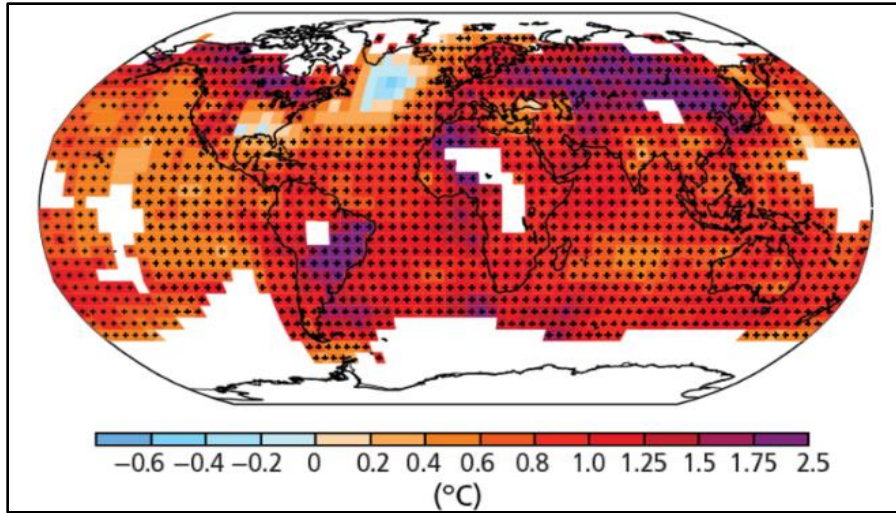
Greenhouse gases increased rapidly since the industrial revolution, have changed the energy balance of the earth by causing global warming. Thus, the earth’s climate has changed and this situation has become a global problem. The global climate change affects viticultural activities besides the other agricultural operations and production. In this review, as well as the overall impact of climate change in the world and in Turkey, especially the studies of the potential threats on viticulture are evaluated. It is expected that the impacts of climate change will be more intense, especially in the Mediterranean basin, where our country is located. Increases in temperature, decreases in precipitation, changes in distribution of precipitation, and increases in frequency and intensity of extreme weather and climate events are expected to affect viticulture in various ways. Accordingly, it is inevitable that many parameters such as viticultural zones, vine phenology, physiology, morphology, vegetative and generative development, yield and grape quality balance, berry composition, biodiversity, food safety, etc. will be affected in different ways. For this reason, climate change mitigation studies should be increased. Additionally, effective measures should be implemented in terms of viticulture according to local climate change projections and the sustainability of existing viticultural activities should be ensured.

GİRİŞ

Türkiye, dünya ülkeleri içerisinde bağ alanları bakımından 405439 ha ile 5. sırada, yaş üzüm üretimi bakımından ise 4100000 ton ile 6. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2019). Gerek ülkemizde gerekse Dünya'da önemli bir yere sahip olan bağcılık, bağdan sofraya kadar geçen süreçte çeşitli sorunlarla karşı karşıyadır. Özellikle son zamanlarda etkisini giderek hissetmeye başladığımız küresel iklim değişikliği üzüm üretimini ve kalitesini doğrudan etkilemektedir.

Sanayi devrimi ile birlikte atmosferde birikmeye başlayan karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazlarının (Metan (CH₄), Nitröz oksit (N₂O), Ozon (O₃)) yeryüzünden yansıyan uzun dalgalı ışınları tutması nedeniyle ortalama yüzey sıcaklıkları belirgin bir şekilde artmaktadır. Bu olay doğal sera etkisi olarak ifade edilmektedir (Van Leeuwen and Darriet, 2016). Böylece yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarındaki sıcaklık artarak küresel ısınmaya neden olmaktadır (Türkeş, 2012). IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change; Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) 5. Değerlendirme Raporu'na göre 1950'li yıllardan bu yana gerçekleşen iklimsel değişikliklerin son bin yıllık periyoda kadar hiç görülmediği belirtilmiştir. Ayrıca 1983-2012 döneminin, Kuzey Yarım Küre'de son 800 yılın en sıcak 30 yılı olduğu tespit edilmiştir (IPCC, 2014). Son araştırmalar, küresel yüzey sıcaklıklarındaki değişiklikler baz alınarak tespit edilen küresel ısınmanın 1.064°C'ye ulaştığını göstermektedir. 1901-2012 döneminde ortalama yüzey sıcaklığına ait değişim Şekil 1'de verilmiştir. IPCC tarafından 2018 yılında hazırlanan küresel ısınma özel raporuna göre, küresel sıcaklık artışının 2°C yerine 1.5°C artması bile hem insan hem de doğal hayat için iklimle ilgili riskleri oldukça azaltmaktadır (IPCC, 2018).

Söz konusu iklimsel değişimler, sıcaklık artışı ve yağış rejimindeki azalmalar ile beraber hassas ve sulamaya dayalı olan Akdeniz tarımını önemli ölçüde etkileyecektir (IPCC, 2013). Tarım her ne kadar insanlar tarafından kontrol edilebilir olsa da henüz birçok bölgede değişen koşullara tam olarak uyum sağlanamamıştır (Altınsoy et al., 2013). Buna bağlı olarak iklimsel değişikliklerin gıda varlığını ve fiyatlarını etkileyeceği, gelir düzeyi düşük toplumların yeterli gıdaya ulaşımını kısıtlayacağı hatta gıda güvenliği probleminin meydana geleceği öngörülmektedir (Türkeş, 2020).



Şekil 1. 1901-2012 ortalama yüzey sıcaklığında gözlenen değişim (IPCC, 2014).

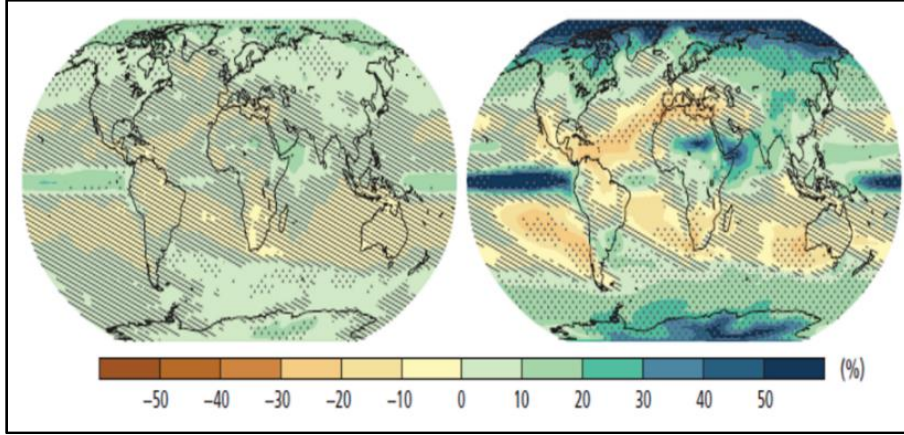
Figure 1. Changes in mean surface temperature for the period 1901-2012 (IPCC, 2014).

Tarımın önemli bir kolu olan bağcılığın iklimsel değişimlerden farklı şekillerde ve seviyelerde etkilenmesi beklenmektedir (Fraga et al., 2013; Schultz, 2016; Van Leeuwen and Darriet, 2016). Sofralık üzüm, kuru üzüm, şarap, üzüm suyu, koruk suyu, pekmez, pestil gibi alternatif değerlendirme şekillerine sahip üzüm ve üzüm ürünlerinin üretiminde iklim değişikliğinin olası etkilerine karşı sürdürülebilirliği ve gıda güvenliğini sağlamak son derece önemlidir.

Bu derlemede, küresel iklim değişikliğinin Türkiye üzerindeki olası genel etkileri yanında özellikle de tarımın önemli bir kolu olan bağcılık (asmanın fizyolojisi, morfolojisi, verimi, üzüm kalitesi, fenolojisi, kültürel işlemleri vd.) faaliyetleri üzerine etkilerini incelemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda yakın gelecekte bağcılığı etkilemesi beklenen durumlar ortaya konularak olası çözüm önerileri değerlendirilmiştir.

Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye

Son zamanlarda iklimsel değişimlerin yerküre üzerinde oluşturduğu etkiler incelendiğinde Türkiye’nin risk grubu ülkeler arasında yer aldığı belirlenmiştir. Bu kapsamda iklim değişikliğine bağlı olarak bazı doğal afetlerin (seller, fırtınalar, sıcak hava dalgaları, ekstrem hava olayları, orman yangınları gibi) artması beklenmektedir (Davarcıoğlu ve Lelik, 2018). Ayrıca söz konusu küresel sıcaklık artışına ait etkilerin yaygın olarak görüleceği bölgelerin başında Türkiye’nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası gelmektedir. Dolayısıyla yakın gelecekte Akdeniz Havzası’nda oluşması beklenen sıcaklık artışı ile beraber yağışlardaki azalmanın zaten yetersiz olan su kaynaklarını daha da azaltacağı ve birçok ülkede ciddi sorunlara yol açacağı belirtilmektedir. Yıllık toplam yağış miktarında, 1986-2005 ortalamasına göre 2081-2100 döneminde gerçekleşmesi beklenen değişimler Şekil 2’de sunulmuştur (IPCC, 2014). Türkiye’de kış mevsimi yağış değişimleri incelendiğinde, yakın geçmişe ait en şiddetli kuraklığın 2007-2008 döneminde ve 1996 ile 2001 yıllarında gerçekleştiği belirtilmiştir (Türkeş ve Erlat, 2018).



Şekil 2. 2081-2100 dönemi için toplam yıllık yağış miktarında beklenen değişimler (IPCC, 2014).

Figure 2. Expected changes in total annual precipitation for the period 2081-2100 (IPCC, 2014).

Türkiye’de uzun dönem mevsimlik ortalama hava sıcaklıklarındaki değişimlerin incelenmesi sonucunda ilkbahar ortalama hava sıcaklıklarının Türkiye’nin büyük bir kesiminde artış gösterdiği ve Marmara, Ege, Akdeniz, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu bölgelerinde gerçekleşen ısınmanın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Türkeş, 2019). Elde edilen bu sonuçlar bölgesel iklim değişikliğinin giderek arttığını göstermektedir. Türkiye yağışlarındaki uzun dönem değişiklikler değerlendirildiğinde ise kış döneminde Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde gerçekleşen kuraklaşmanın istatistiki açıdan önemli olduğu saptanmıştır (Türkeş, 2020). RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Akdeniz Bölgesi’nde yıllık toplam yağış miktarının azalacağı belirtilmiştir (Ozturk et al., 2015). Bununla birlikte sıcak mevsimlerde eriyen karla beslenen nehirlerdeki su seviyesinin sıcaklık artışına bağlı olarak azalacağı ve böylece tarım sektörünün de olumsuz yönde etkileneceği ifade edilmiştir (Sen et al., 2012).

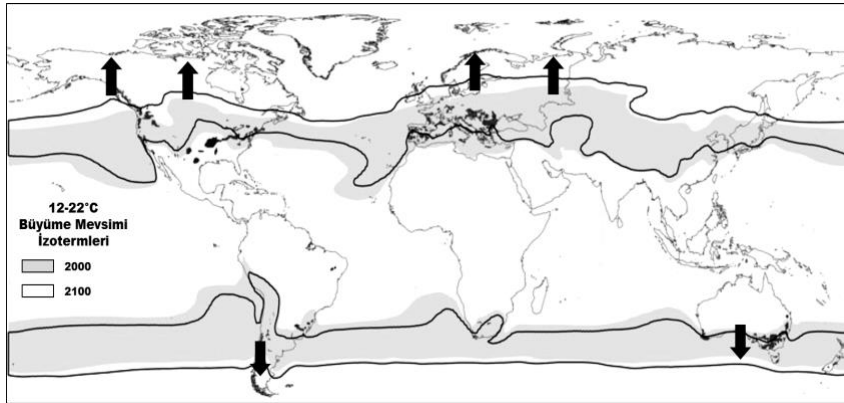
Türkiye farklı coğrafi özellikleri nedeniyle çeşitli iklim bölgelerine sahip olup yıllık yağış ortalaması yaklaşık 643 mm civarındadır. Ayrıca ülkemizdeki toplam kullanılan su miktarı 44 milyar m³ civarında olup bunun yaklaşık 32 milyar m³’ü (%73) tarımsal sulamalarda kullanılmaktadır (DSİ, 2019). Yarı kurak iklim özellikleri görülen ülkemizde su kaynakları üzerinde oluşan baskıların artması nedeniyle gelecek nesiller için bu kaynakların iyi korunması ve etkin bir şekilde yönetimi son derece önemlidir (Kadioğlu ve ark., 2017).

İklim Değişikliğinin Bağcılık Üzerine Etkileri Ve Türkiye Açısından Değerlendirilmesi

İklim ve havanın bağcılık üzerindeki etkilerini değerlendirmek için genellikle agro-klimatik göstergeler (indisler) kullanılmaktadır. Bitki-atmosfer ilişkisini inceleyerek bitkinin fizyolojik faaliyetlerini yakından takip etmek amacıyla geliştirilen bu göstergeler, genel olarak bir bölgenin bağcılık için uygunluğunu veya özel olarak belirli bir çeşidi değerlendirmek için tercih edilmektedir (Santos et al., 2020). Yaygın olarak kullanılan agro-klimatik göstergeler (indisler) şunlardır; Winkler Göstergesi (Etkili Sıcaklık Toplamı), Branas Hidrotermik Göstergesi, Branas Heliotermik Göstergesi, Huglin Heliotermik Göstergesi, Gece Serinlik Göstergesi (Cool Night Index), Kuraklık Göstergesi (Fraga et al., 2013; Jones, 2018; Candar ve ark., 2019). Bu kapsamda söz konusu göstergeleri ve bazı modelleri kullanarak iklim değişikliğinin bağcılık üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar değerlendirilmiştir.

a. İklim değişikliğinin bağ alanları üzerine etkileri

Geleneksel olarak bağcılık alanları Kuzey Yarım Küre'de 30°-50° (Vejetasyon dönemi: Nisan-Ekim), Güney Yarım Küre'de 30°-40° (Vejetasyon dönemi: Ekim-Nisan) enlem dereceleri arasında yer almaktadır. Bu enlemler kış sıcaklıklarının birleşmesi nedeniyle gerçek coğrafi dağılımı tam olarak yansıtmayan 10°-20°C izotermine karşılık gelmektedir. Fakat son zamanlarda bağ alanlarının en iyi yayılımı ortalama büyüme mevsimi sıcaklığının 12°-13°C (alt eşik) ve 22°-24°C (üst eşik) izoterm sınırları ile ifade edilmektedir. Burada 12°C alt sınırı Londra'nın hemen güneyinde yer alırken (1961-1990 ortalaması) 24°C üst sınırı bazı tropikal bölgeleri kapsamaktadır (Schultz and Jones, 2010; Jones and Alves, 2012). Pek çok bağ bölgesi için son 50-60 yılda bir ısınma eğilimi gözlenmiş olup bu durumun son 20 yılda daha da kuvvetli olduğu belirtilmiştir. Dünya genelinde 27 bağ bölgesinde yürütülen analizlere göre ortalama kış ve yaz sıcaklıklarının sırasıyla 1.3°C ve 1.48°C arttığı tespit edilmiştir (Jones et al., 2005). Modelleme çalışmalarında sıcaklık ve yağış rejiminde gözlenen farklılıkların biyoklimatik bağ bölgelerini etkileyebileceği ve bazı değişikliklere yol açabileceği öngörülmektedir (Fraga et al., 2013; Fraga et al, 2016; Santos et al., 2020). Gelecekte sıcaklık artışının daha da artacağı dikkate alındığında bağ alanlarının enlemsel kayma göstereceği ve bağcılık coğrafyasının büyük oranda değişeceği tahmin edilmektedir (Şekil 3). Kuzey Yarım Küre'de kutup bölgelerine doğru bağcılığa uygun alanların artabileceği ancak Güney Yarım Küre'de yeterli arazi varlığının olmaması nedeniyle bağ alanlarının azalabileceği beklenmektedir (Schultz and Jones, 2010; Jones et al., 2012).



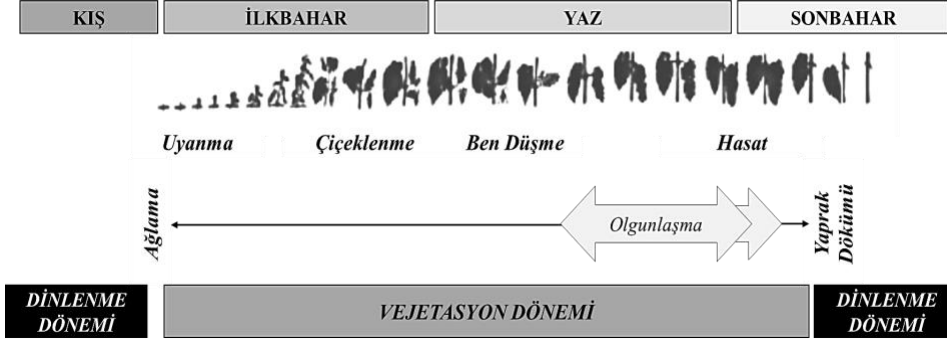
Şekil 3. İklim değişikliğinin izoterm ve bağ alanları üzerindeki etkileri (2000-2100) (Jones et al., 2012).

Figure 3. Effects of climate change on isotherms and viticultural zones (2000-2100) (Jones et al., 2012).

Ayrıca iklimsel değişikliklerin incelendiği gelecek senaryolarına göre, özellikle Akdeniz Havzası'nda yer alan ülkelerde yaşanması beklenen kuraklığın bağcılık faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyeceği belirtilmiştir (Tóth and Végvári, 2016). Yaz kuraklığının özellikle bu ülkelerde yüksek kaliteli üretimi kısıtlaması, verim kayıplarına neden olması ve buna bağlı olarak yoğun bir sulama ihtiyacının ortaya çıkması beklenmektedir (Fraga et al., 2018). Ülkemizin de içinde bulunduğu bu coğrafyada olası tehditlerin dikkate alınması ve sürdürülebilir bağcılık için çalışmaların artırılarak devam etmesi gerekmektedir.

b. İklim değişikliğinin asma fenolojisi üzerine etkileri

Asma gelişimi hava ve iklimden büyük ölçüde etkilenen bazı fenolojik dönemlere ayrılmakta olup yüksek kaliteli üzüm ve şarap üretimi için bu dönemlerin izlenmesi oldukça önemlidir (Parker et al., 2011). Her çeşidin sahip olduğu bazı morfolojik ve fizyolojik farklılıklar, fenolojik dönemlerde değişikliklere neden olmaktadır. Bu durum, vejetasyon dönemi içerisinde bağlarda uygulanması gereken tüm faaliyetlerin (sulama, ilaçlama, gübreleme, yaz budamaları vb.) dönemsel olarak planlamasını gerektiren ek bir zorluktur. Bu sebeple farklı çeşitlerin fenolojik dönemleri hakkındaki bilgiler ve bu aşamaların erken ya da geç olmasının önceden tespit edilmesi giderek önem kazanmaktadır (Moriondo et al., 2013). Üç temel asma fenolojik dönemi bulunmaktadır. Bunlar uyanma, çiçeklenme ve ben düşme dönemleridir (Şekil 4).



Şekil 4. Asmanın yaşam döngüsü ve fenolojik gelişme dönemleri (Santos et al., 2020).

Figure 4. Life cycle and phenological development periods of grapevine (Santos et al., 2020).

Bu üç aşama vejetasyon dönemi boyunca çeşitlerin gelişimindeki temel farklılıkları ortaya koymakta olup ürün kalitesini, tane kompozisyonunu ve verimi doğrudan etkilemektedir (Fraga et al., 2014). Her çeşit için fenolojik dönemlerin süresini ve buna bağlı olarak vejetasyon döneminin uzunluğunu belirleyen ana faktörün hava sıcaklığı olduğu belirtilmiştir (Parker et al., 2011; Fraga et al., 2014; Santos et al., 2020). 1980-2005 dönemine ait uyanma, çiçeklenme, ben düşme ve hasat zamanlarını kapsayan modelleme çalışmaları neticesinde Avrupa'nın güney ve kıyı kesimlerinde fenolojik gelişme dönemlerinin daha erken meydana geldiği ancak Avrupa'nın orta ve kuzey bölgelerinde daha geç dönemde gerçekleştiği belirtilmiştir. Aynı çalışmada STICS (Simulateur multidisciplinaire pour les Cultures Standard) ile yapılan modellemelere göre 2041-2070 periyodu için fenolojik dönemlerde ciddi farklılıklar elde edilmiştir. Uyanma dönemi açısından kuzey ve doğu İberya, Fransa, İtalya ve Türkiye'nin batı kesimlerinde 10-30 gün arasında değişen bir erkencilik gözlenirken çiçeklenme ve ben düşme dönemleri dikkate alındığında aynı bölgeler için 5-15 gün arasında değişen bir erkencilik tahmin edilmektedir. Hasat zamanına ilişkin değişimler incelendiğinde ise oldukça büyük bir farklılaşma gözlenmiştir. Aynı bölgeler için hasat zamanında 10-40 gün arasında değişiklik gösteren bir erkencilik beklenmektedir (Fraga et al., 2016). Öte yandan Ferrise et al (2016), Akdeniz Havzası'nda yer alan ülkelerde 1995 yılına kıyasla 2035 yılında olgunlaşmanın 15-23 gün kadar daha erken olacağını bildirmişlerdir. Yakın gelecekte, Akdeniz Havzası'nın yer aldığı güney Avrupa'da uyanma ile hasat arasındaki vejetasyon periyodunun kısılacığı ancak orta ve kuzey Avrupa'da bu dönemin daha da uzayacağı beklenmektedir (Webb et al., 2011; Cuccia et al., 2014; Fraga et al., 2016).

c. İklim değişikliğinin asma fizyolojisi ve vejetatif gelişimi üzerine etkileri

Atmosferik koşullar asmanın gelişimini ve fizyolojisini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. İklimin asma gelişimi üzerindeki etkisi sadece ortalama değerlerdeki değişikliklere değil aynı zamanda ekstrem sonuçların ortaya çıkma sıklığına da bağlıdır. Bu nedenle başta lokal çeşitler olmak üzere herhangi bir bölgede ticari öneme sahip diğer çeşitlerin de iklimsel etmenlere karşı oluşturduğu fizyolojik reaksiyonların incelenmesi, performans ve davranışlarının araştırılması günümüzde iklim değişikliğine karşı alınacak tedbirler açısından son derece önemlidir (Candar ve ark., 2020). Örneğin bir bölgedeki yağış miktarının ciddi oranlarda azalması veya sulama suyu miktarının oldukça düşük olması stoma

iletkenliğini sınırlamakta ve dolayısıyla fotosentetik faaliyetleri azaltmaktadır (Soltekin et al., 2020). Bununla birlikte, asmaların şiddetli su stresine maruz kalmasıyla birlikte mevsimsel ve günlük net CO₂ asimilasyonu, stoma iletkenliği, hücreler arası boşluklardaki CO₂ konsantrasyonu ve gerçek su kullanım randımanı gibi kriterlerin etkilendiği ve fotosentetik üretkenliğin azaldığı bilinmektedir (Gambetta, 2016; Bahar et al., 2017).

Asmaların optimum düzeyde fotosentez yapabilmeleri için gereksinim duyulan sıcaklık aralığı 20°-35°C'dir. Bu sıcaklıkların üzerinde mevcut su durumu gibi diğer faktörlerin de etkisine bağlı olarak fotosentetik aktivite azalmaktadır. Özellikle sıcak bölgelerde (Akdeniz Havzası) 40°-45°C'nin üzerindeki sıcaklıklar asma bitkisinin gelişimi açısından geri dönüşü olmayan kayıplara yol açabilmektedir (Jones and Alves, 2012; Hochberg et al., 2015; Costa et al., 2019). İklim değişikliği ile birlikte beklenen sıcaklık artışı ve su kaynaklarındaki azalış asmaların vejetatif gelişmesini de kısıtlayacaktır (Korkutal et al., 2011; Buesa et al., 2017; Korkutal et al., 2019). Buna karşın nispi nemin fizyolojik aktivite açısından sıcaklığa göre daha etkili olduğu ve oransal nemin terlemeyi oldukça azalttığı bilinmektedir. Ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda, iklim değişikliğinin oluşturacağı kuraklık ile asmalarda vejetatif gelişmenin azalması fakat CO₂ miktarındaki yükseliş ile fotosentezin ve buna bağlı olarak vejetatif gelişmenin artması beklenmektedir (Fraga et al., 2016). Bunun yanında yüksek CO₂ konsantrasyonu ile bitkilerin terleme oranlarında bir azalma sağlanabileceği ve böylece artan evaporasyonu dengeleyebileceği belirtilmiştir (Kizildeniz et al., 2015). Ancak bu durum bitkilerin göstereceği tepkilerle kısıtlıdır. Ayrıca insan etkisi sonucu hızla artan CO₂ konsantrasyonu, doğal sera etkisine sebebiyet vererek küresel ısınmaya neden olmaktadır. Dolayısıyla iklimsel değişimin meydana getirdiği olumsuz etkilerin daha fazla olacağı unutulmamalıdır.

d. İklim değişikliğinin verim, kalite ve tane kompozisyonu üzerine etkileri

Günümüzde ortalama ve ekstrem sıcaklıklar, solar radyasyon, yağış miktarları ve dağılımı, oransal nem, rüzgar hızı gibi birçok iklimsel faktörler asmanın verimini, kalitesini ve tane kompozisyonunu etkilemektedir. Bunlardan özellikle sıcaklık ve su stresi verim ve kaliteyi etkileyen en önemli iki faktör olarak kabul edilmektedir (Schultz and Stoll, 2010).

Asmada çiçek taslaklarının farklılaşması bir önceki yılın çiçeklenme döneminde başlar. Bu dönemdeki optimal sıcaklıklar ve güneşli koşullar çiçek taslaklarının oluşumunu, serin ve bulutlu hava ise sürgün oluşumunu teşvik etmektedir. Dolayısıyla bir önceki yıla ait çevresel koşullar bir sonraki sezonun verimini doğrudan etkilemektedir (Keller, 2015). İklim değişikliği ile ilgili gelecek senaryoları, ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda yaz kuraklığının giderek artacağını ve buna bağlı olarak verim kayıplarının meydana geleceğini göstermektedir (Fraga et al., 2016; Fraga et al., 2018). Bu bölgede olası su stresi nedeniyle tane ve salkımların yeterince gelişmemesi ve ciddi verim kaybı yaşanması beklenmektedir (Gambetta, 2016). Olgunlaşma sırasında şekerler, toplam fenolikler ve diğer aroma bileşiklerinin sentezi ve birikimi büyük ölçüde yüksek solar radyasyon ile artmaktadır. Düşük solar radyasyonuna sahip bölgelerde güneşe maruz kalan yaprak alanını arttırmak için uygun terbiye şeklinin seçimi ve kültürel işlemler son derece önemlidir. Buna karşın daha çok solar radyasyona sahip bölgelerde ise fotosentez miktarının artması beklense de suya karşı talebin artacağı veya güneş yanıklığına neden olacağı unutulmamalıdır (Santos et al., 2020). Ayrıca aşırı vejetatif gelişme nedeniyle oluşan gölgeleme bazen olgunlaşmayı olumsuz yönde etkileyebilir (Schultz and Stoll, 2010).

Ashenfelter and Storchmann (2016), iklim değişikliği nedeniyle soğuk bölgelerde beklenen ısınmanın üzüm ve şarap kalitesini olumlu etkileyeceği ancak sıcak bölgelerde daha da sıcak olması nedeniyle kalitenin düşebileceğini bildirmişlerdir. Schultz (2016), genel olarak kırmızı çeşitlerin, beyaz çeşitlere göre sıcak koşulları daha iyi tolere ettiğini belirtmiştir. Özellikle kırmızı şaraplık ve sofralık çeşitlerde kısıtlı sulama ile kalite artışı sağlanmaktadır (Van Leuween and Darriet, 2016; Soltekin et al., 2020). Vejetasyon dönemi boyunca gözlenen yüksek sıcaklığın üzüm tanesindeki toplam asitliği azalttığı (Schultz and Jones, 2010), şeker veya alkol içeriğini arttırdığı (Jones et al., 2012), teknolojik ve fenolojik olgunluğu ayırdığı (Webb et al., 2011) tespit edilmiştir. Buna karşın büyüme mevsimi boyunca gözlenen

kuraklığın seviyesi üzüm kalite ve kompozisyonu bakımından son derece önemlidir. Özellikle asmanın fenolojik dönemlerine göre su ihtiyacını doğru belirlemek gerekmektedir (Soltekin et al, 2019).

e. İklim değişikliğinin hastalık ve zararlılar üzerine etkileri

İklim değişikliğinin asma fenolojisi ve bağ bölgeleri üzerinde oluşturacağı tehditlerin aynı zamanda bazı zararlıların ve faydalı böceklerin yaşam döngülerini de etkilemesi beklenmektedir. Ancak bitki, zararlı ve hastalık etmeni biyolojilerinin birlikte değişim göstereceği unutulmamalıdır. Bu nedenle iklim kaynaklı değişimlerin bitki, zararlı ve hastalık etmeni üzerindeki etkileri farklılık gösterebilmektedir (Moschos et al., 2004). Yüksek sıcaklıklar bazı zararlıların gelişmesine yardımcı olabilirken bitkinin vejetasyon süresini kısaltabilir ve böylece zararlanma seviyesi azalabilir. Örneğin yüksek sıcaklıklar ile bazı böcek türlerinin yıl içerisindeki nesil sayıları artabilir. Bu durum zararlı böceklerin popülasyonunda hızlı bir artışa neden olsa da ürünün hasadı sonrasında herhangi bir zararlanma olmayacaktır. Dolayısıyla iklim değişikliği hem bitkinin büyüme hızını hem de hastalık etmeninin gelişim hızını etkilemektedir (Garrett et al., 2016). Hastalık etmeni veya zararlı popülasyonunun iklimsel değişikliklere tepki verdiği açıktır. Ancak farklı faktörler tarafından etkilenebileceği unutulmamalıdır (Grunke, 2011).

Türkiye'nin içinde bulunduğu bölge dikkate alındığında sıcaklık artışı ile birlikte buna benzer problemlerin risk oluşturacağı öngörülmektedir. Örneğin İtalya'nın güney bölgelerinde (daha sıcak kesimler) salkım güvesinin kuzey bölgelerine göre yaklaşık bir ay daha erken ortaya çıktığı tespit edilmiştir. İklimdeki ısınma ile birlikte bunun şiddetlenebileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca sıcaklık artışı ile birlikte bağ alanlarında salkım güvesine ve külleme hastalığına duyarlılığın artacağı belirtilmiştir (Caffarra et al., 2012). Ayrıca iklim değişikliği ile beraber biyoçeşitliliğin de etkileneceği ve buna bağlı olarak faydalı böcek popülasyonunun giderek azalacağı tahmin edilmektedir. Küresel ısınma ile doğal beslenme ortamları değişecek olan böcekler içerisinde adaptasyon yeteneği kuvvetli olanların hayatta kalacağı ve diğerlerinin yok olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkileri dikkate alınarak alternatif stratejilerin geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur.

İklim Değişikliğinin Bağcılık Üzerindeki Etkilerini Azaltıcı Çözüm Önerileri

İklim değişikliğinin bağcılık üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar değerlendirilirken ülkemizi de kapsayan Akdeniz Havzası'ndaki olası değişimler dikkate alınmıştır. Bu bölgede özellikle sıcaklık artışı ve yağış rejimindeki değişiklikler şeklinde karşımıza çıkan etkilere karşı bazı pratik çözüm önerileri aşağıda verilmiştir.

a. Sıcaklık artışına karşı çözüm önerileri

Sıcaklık artışı ile birlikte asmanın fenolojik dönemlerinde erkencilik beklenmektedir. Bu nedenle daha sıcak koşullarda üzümlerin daha da erken olgunlaşması kaçınılmazdır (Parker et al., 2011; Molitor and Junk, 2019). Ancak üretim sezonunun en sıcak döneminde şaraplık üzüm çeşitlerinin tam olgunluğa ulaşması (Kuzey Yarım Küre'de Temmuz-Ağustos, Güney Yarım Küre'de Ocak-Şubat) tane kompozisyonunu olumsuz yönde (yüksek şeker, düşük asitlik, yetersiz fenolik olgunluk vb.) etkileyecektir (Sadras and Moran, 2012). Bu durum şarap üretiminde ciddi kalite problemlerine yol açacağından yüksek sıcaklıklara adaptasyon sağlamak için olgunluğu geciktirmek gerekebilir. Özellikle sıcak bölgelerde şeker birikiminin artmasına rağmen fenolik olgunluk gecikebilmektedir. Bu nedenle şeker birikimi açısından geç olgunlaşan ya da daha erken dönemde fenolik olgunluğa ulaşabilen çeşitlere ihtiyaç duyulmaktadır. Arzu edilen şarap kalitesine ulaşmak için olgunluğu geciktirmeye yönelik uygulamalar yapılabileceği gibi yeni çeşit ve anaç geliştirmeye yönelik çalışmaların artırılması sağlanmalıdır (Van Leeuwen et al., 2019).

Öte yandan fenolojiji geciktirmek için telli terbiye sistemleri de modifiye edilebilir. Daha yüksek gövde oluşturarak salkım bölgesindeki sıcaklıkların düşmesi ve özellikle kuru-çakıllı topraklarda maksimum sıcaklıkların azalması sağlanabilir. Bununla birlikte geç budama (Kuzey Yarım Küre'de Mart başı) uyanmayı ve buna bağlı olarak diğer fenolojik dönemleri geciktirebilir. Ayrıca düşük "yaprak alanı:meyve ağırlığı" oranı ben düşmeyi geciktirebilmektedir. Ancak bu durum tane kompozisyonunu olumsuz etkileyebilir (Parker et al., 2014). İklim değişikliği nedeniyle beklenen sıcaklık artışının bağ bölgelerini de etkilemesi ve bugün için marjinal olabilecek yüksek enlemlerde bulunan bölgelerin bağcılık

için daha uygun hale gelecek olması birçok çalışmada belirtilmiştir (Fraga et al., 2013; Fraga et al., 2016; Van Leuween and Darriet, 2016; Santos et al., 2020). Sıcaklığın her 100 m'de 0.65°C azalması dikkate alındığında yakın gelecekte bağcılık faaliyetlerinin daha yüksek enlemlerde devam etmesi gerekecektir.

b. Yağış değişimine karşı çözüm önerileri

Türkiye genelinde toplam yağış miktarlarının azalacağı ve yağış dağılımının değişiklik göstereceği önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Ozturk et al., 2015; Türkeş, 2020). Bu kapsamda olası kuraklık veya su stresi koşullarına adapte olabilen yeni çeşitlerin hatta asma anaçlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Mevcut olarak kullanılan 140 Ruggeri, 110 Richter, 1103 Paulsen gibi anaçların kuraklığa dayanıklı olduğu bilinmektedir. Fakat daha yüksek kuraklık şartlarına dayanıklı yeni anaçların geliştirilmesine yönelik çalışmalar artırılmalıdır (Gambetta, 2016). Bitki materyali (çeşit ve anaç) seçimi ile bağ alanlarını kuraklık stresine adapte etmenin en büyük avantajı, çevre dostu olması ve üretim maliyetlerini azaltmasıdır (Van Leuween and Darriet, 2016).

Öte yandan bağcılıkta kullanılan telli terbiye sistemlerinin de asmaların su tüketimini etkilediği bilinmektedir. Akdeniz ülkelerinde yüzyıllardır yürütülen bağcılık faaliyetleri kapsamında kuraklığa dayanımı ile bilinen "Goble" terbiye şekli geliştirilmiştir. Bu sistem yılda maksimum 350 mm yağış alan, gölgeleme ve mantari hastalıkların sorun oluşturmadığı bölgelerde uygulanmaktadır. Bu sistem ile daha az yaprak alanı (daha az terleme) ve düşük verim (daha az fotosentez ihtiyacı) olduğundan asma su kullanımı kısıtlanmaktadır. Bu sistemin üretim maliyeti de düşük olduğundan verim azlığı ekonomik sürdürülebilirliği çok etkilememektedir (Deloire, 2012). Fakat yine de dekar başına yaprak alanını azaltan yeni terbiye sistemlerinin geliştirilmesi kuraklık stresine karşı son derece önemlidir. Burada verim-kalite dengesine dikkat ederek "yaprak alanı:meyve ağırlık" oranı azaltılmamalıdır (Santesteban et al., 2017).

Bunun yanında sık dikim ile su kullanımı artmaktadır. Dolayısıyla suyun kısıtlı bir faktör olduğu bölgelerde dikim mesafelerine dikkat etmek gerekmektedir. Ayrıca su tutma kapasitesi yüksek olan topraklar, kış yağmurlarını depolayarak asmayı su stresine karşı korumaktadır. Böylece iklimsel kuraklığın etkisi azaltılabilir (Van Leeuwen et al., 2019). Son zamanlarda sıcaklık artışı ve yağış miktarındaki azalma ile asmanın suya ihtiyacı artarken su kaynaklarımızın da giderek azalması söz konusudur. Bu nedenle sulama yapılan bağlarda asma su potansiyeli dikkatle izlenmeli ve basınçlı sulama sistemleri ile kısıtlı sulama uygulamaları yapılmalıdır. Bununla ilgili son yıllarda su ayak izi gibi kavramlara daha çok önem verilmekte olup suyun yakın gelecekte daha da değerli olacağı unutulmamalıdır. Bu nedenle su kullanım etkinliğini artırıcı ancak su kullanımını kısıtlayıcı modern tekniklerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Soltekin et al, 2020).

SONUÇ

Asma bitkisi, çeşitli stres faktörlerine karşı fizyolojik olarak hayatta kalma stratejilerine sahip olsa da farklı dönemlerde etkili olan iklimsel olaylar vejetatif ve generatif gelişimi kontrol etmektedir. Ülkemizin içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda iklimsel değişikliklerin daha belirgin olması beklenmektedir. İklim modelleri ile yapılan çalışmalara göre bu değişiklikler özellikle sıcaklık artışı ve yağış miktarlarındaki azalış şeklinde karşımıza çıkacaktır. Bu kapsamda bağ alanları, asma fenolojisi, fizyolojisi, morfolojisi, vejetatif ve generatif gelişmesi, verimi ve üzüm kalite dengesi, üzüm tane kompozisyonu vb birçok parametrenin değişik oranlarda etkilenmesi kaçınılmazdır. Öte yandan don, dolu, sel, taşkın, fırtına gibi ekstrem hava olaylarının daha sık yaşanacağı tahmin edilmektedir. Yakın gelecekte Türkiye'nin özellikle batı ve güney kesimlerinde kurak koşulların artması, kış dönemindeki yağışların azalması ve yıl içerisinde yağış dağılımının değişiklik göstermesi beklenmektedir. Ayrıca küresel ısınma ile birlikte sıcaklık değerlerindeki artışın sadece üretim ve kaliteyi değil aynı zamanda biyoçeşitlilik ve gıda güvenliği konularını da etkileyeceği değerlendirilmektedir. Günümüzde iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı çözüm önerileri halen yetersizdir. Bu kapsamda bağcılık açısından yerel iklim değişikliği projeksiyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece gerekli önlemler alınarak mevcut bağcılık faaliyetlerine ve sektörün sürdürülebilirliğine katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Altinsoy, H., C. Kurt & M.L. Kurnaz, 2013. Analysis of the effect of climate change on the yield of crops in Turkey using a statistical approach. In *Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics*, 379-384. Springer, Berlin. DOI: 10.1007/978-3-642-29172-2_53
- Ashenfelter, O. & K. Storchmann, 2016. Climate change and wine: A review of the economic implications. *Journal of Wine Economics*, 11(1): 105-138. DOI:10.1017/jwe.2016.5
- Bahar, E., A. Carbonneau & I. Korkutal, 2017. Vine and berry responses to severe water stress in different stages in cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, Special Issue of 2nd International Balkan Agriculture Congress*, 62-70.
- Buesa, I., D. Pérez, J. Castel, D.S. Intrigliolo & J.R. Castel, 2017. Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Alexandria. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 23(2): 251-259. DOI: 10.1111/ajgw.12280
- Caffarra, A., M. Rinaldi, E. Eccel, V. Rossi & I. Pertot, 2012. Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pests and pathogens: European grapevine moth and powdery mildew. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 148: 89-101. DOI: 10.1016/j.agee.2011.11.017
- Candar, S., T. Alço, A.S. Yaşasın, İ. Korkutal & E. Bahar, 2019. Türkiye Trakyası bağcılık iklim göstergelerindeki uzun süreli değişimlerin değerlendirilmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakóltesi Dergisi*, 7(2): 259-268.
- Candar, S., T. Alço, M. Ekiz, İ. Korkutal & E. Bahar, 2020. Milli koleksiyon şaraplık üzüm çeşitlerinde budama şekli ve abiyotik etmenlerin fizyolojik aktiviteler üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Dergisi*, 57(2): 173-184. DOI: 10.20289/zfdergi.602806
- Costa, R., H. Fraga, A. Fonseca, I. García de Cortázar-Atauri, M.C. Val, C. Carlos, S. Reis & J.A. Santos, 2019. Grapevine phenology of cv. Touriga Franca and Touriga Nacional in the Douro wine region: Modelling and climate change projections. *Agronomy*, 9(4): 210. DOI: 10.3390/agronomy9040210
- Cuccia, C., B. Bois, Y. Richard, A.K. Parker, I.G. de Cortázar-Atauri, C. Van Leeuwen & T. Castel, 2014. Phenological model performance to warmer conditions: Application to Pinot Noir in Burgundy. *OENO One*, 48(3), 169-178. DOI: 10.20870/oeno-one.2014.48.3.1572
- Davarcioğlu, B. & A. Lelik, 2018. Küresel iklim değişikliği ve uyum çalışmaları: Türkiye açısından değerlendirilmesi. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 7(2): 376-392.
- Deloire, A., 2012. A few thoughts on grapevine training systems. *Wineland Mag*, 274, 82-86.
- DSİ, 2019. Devlet Su İşleri, “Toprak ve Su Kaynakları”. Web sayfası: <https://bolge06.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1013> (Erişim tarihi: Nisan 2021).
- FAOSTAT, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. (Web sayfası: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>) (Erişim tarihi: Nisan 2021).
- Ferrise, R., G. Trombi, M. Moriondo & M. Bindi, 2016. Climate change and grapevines: A simulation study for the Mediterranean basin. *Journal of Wine Economics*, 11(1): 88–104. DOI: 10.1017/jwe.2014.30
- Fraga, H., A.C. Malheiro, J. Moutinho-Pereira & J.A. Santos, 2013. Future scenarios for viticultural zoning in Europe: Ensemble projections and uncertainties. *International Journal of Biometeorology*, 57(6): 909-925. DOI 10.1007/s00484-012-0617-8
- Fraga, H., I. de Cortázar Atauri & J.A. Santos, 2018. Viticultural irrigation demands under climate change scenarios in Portugal. *Agricultural Water Management*, 196: 66-74. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.10.023
- Fraga, H., I. García de Cortázar Atauri, A.C. Malheiro & J.A. Santos, 2016. Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global Change Biology*, 22(11): 3774-3788. DOI: 10.1111/gcb.13382
- Fraga, H., M. Amraoui, A.C. Malheiro, J. Moutinho-Pereira, J. Eiras-Dias, J. Silvestre & J.A. Santos, 2014. Examining the relationship between the Enhanced Vegetation Index and grapevine phenology. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1): 753-771. DOI: 10.5721/EuJRS20144743
- Gambetta, G.A., 2016. Water stress and grape physiology in the context of global climate change. *Journal of Wine Economics*, 11(1): 168-180. DOI:10.1017/jwe.2015.16
- Garrett, K.A., M. Nita, E.D. De Wolf, L. Gomez-Montano & A.H. Sparks, 2016. “Plant pathogens as indicators of climate change, 425-437”. In: *Climate Change (2nd Edition)*. DOI: 10.1016/B978-0-444-63524-2.00021-X

- Grulke, N.E., 2011. The nexus of host and pathogen phenology: understanding the disease triangle with climate change. *The New Phytologist*, 189(1): 8-11.
- Hochberg, U., A. Batushansky, A. Degu, S. Rachmilevitch & A. Fait, 2015. Metabolic and physiological responses of Shiraz and Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) to near optimal temperatures of 25 and 35°C. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10): 24276-24294. DOI: 10.3390/ijms161024276
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (Eds. Stocker et al.), Cambridge University Press, Cambridge and New York, 1535pp.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (Eds. R.K. Pachauri & L.A. Meyer), IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC, 2018. *Special Report: Global Warming of 1.5 °C.* 2018. (Web sayfası: <https://www.ipcc.ch/sr15>) (Erişim tarihi: Mart 2021).
- Jones, G.V. & F. Alves, 2012. Impact of climate change on wine production: A global overview and regional assessment in the Douro Valley of Portugal. *International Journal of Global Warming*, 4(3-4): 383-406. DOI: 10.1504/IJGW.2012.049448
- Jones, G.V., M.A. White, O.R. Cooper & K. Storchmann, 2005. Climate change and global wine quality. *Climatic Change*, 73(3): 319-343. DOI: 10.1007/s10584-005-4704-2
- Jones, G.V., R. Reid & A. Vilks, 2012. "Climate, grapes and wine: Structure and suitability in a variable and changing climate, 109-133". In: *The Geography of Wine: Regions, Terrior and Techniques*, (Eds): Springer, Dordrecht.
- Jones, N.K., 2018. An investigation of trends in viticultural climatic indices in Southern Quebec, a cool climate wine region. *Journal of Wine Research*, 29(2): 120-129. DOI: 10.1080/09571264.2018.1472074
- Kadioğlu, M., Y. Ünal, A. İlhan & C. Yürük, 2017. Türkiye'de iklim değişikliği ve tarımda sürdürülebilirlik, Türkiye Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu. (Web sayfası: <https://www.tgdf.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/iklim-degisikligi-rapor-elma.compressed.pdf>) (Erişim tarihi: Nisan 2021).
- Keller, M., 2015. *The Science of Grapevines. Anatomy and Physiology*, 2nd Ed., Elsevier Academic Press, London, UK, 377p.
- Kizildeniz, T., I. Mekni, H. Santesteban, I. Pascual, F. Morales & J.J. Irigoyen, 2015. Effects of climate change including elevated CO₂ concentration, temperature and water deficit on growth, water status, and yield quality of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Agricultural Water Management*, 159: 155-164. DOI: 10.1016/j.agwat.2015.06.015
- Korkutal, I., E. Bahar & A. Carbonneau, 2011. Growth and yield responses of cv. Merlot (*Vitis vinifera* L.) to early water stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(29): 6281-6288. DOI: 10.5897/AJAR11.1893
- Korkutal, I., E. Bahar & A. Carbonneau, 2019. Effects of early water stress on grapevine (*Vitis vinifera* L.) growing in cv. Syrah. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1): 463-472. DOI:10.15666/aeer/1701_463472
- Molitor, D. & J. Junk, 2019. Climate change is implicating a two-fold impact on air temperature increase in the ripening period under the conditions of the Luxembourgish grapegrowing region. *OENO one*, 53(3): 409-422. DOI: 10.20870/oeno-one.2019.53.3.2329
- Moriondo, M., G.V. Jones, B. Bois, C. Dibari, R. Ferrise, G. Trombi & M. Bindi, 2013. Projected shifts of wine regions in response to climate change. *Climatic change*, 119(3): 825-839. DOI 10.1007/s10584-013-0739-y
- Moschos, T., C. Souliotis, T. Broumas & V. Kapothanassi, 2004. Control of the European grapevine moth *Lobesia botrana* in Greece by the mating disruption technique: A three-year survey. *Phytoparasitica*, 32: 83-89.
- Ozturk, T., Z.P. Ceber, M. Turkes, M.L. Kurnaz, 2015. Projections of climate change in the Mediterranean Basin by using downscaled global climate model outputs. *International Journal of Climatology*, 35(14): 4276-4292. DOI: 10.1002/joc.4285
- Parker, A., R. Hofmann, C. Van Leeuwen, A. McLachlan & M. Trought, 2014. Leaf area to fruit mass ratio determines the time of veraison in Sauvignon Blanc and Pinot Noir grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20(3): 422-431. DOI: 10.1111/ajgw.12092
- Parker, A.K., I.G. de Cortázar-Atauri, C. Van Leeuwen & I. Chuine, 2011. General phenological model to characterise the timing of flowering and veraison of *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(2): 206-216. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2011.00140.x

- Sadras, V.O. & M.A. Moran, 2012. Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18(2): 115-122. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2012.00180.x
- Santesteban, L.G., C. Miranda, J. Urrestarazu, M. Loidi & J.B. Royo, 2017. Severe trimming and enhanced competition of laterals as a tool to delay ripening in Tempranillo vineyards under semiarid conditions. *Oeno One*, 51(2): 191-203. DOI: 10.20870/oeno-one.2017.51.2.1583
- Santos, J.A., H. Fraga, A.C. Malheiro, J. Moutinho-Pereira, L.T. Dinis, C. Correia, M. Moriondo, L. Leolini, C. Dibari, S. Costafreda-Aumedes, T. Kartschall, C. Menz, D. Molitor, J. Junk, M. Beyer & H.R. Schultz, 2020. A Review of the Potential Climate Change Impacts and Adaptation Options for European Viticulture. *Applied Sciences*, 10(9): 3092. DOI: 10.3390/app10093092
- Schultz, H.R. & G.V. Jones, 2010. Climate induced historic and future changes in viticulture. *Journal of Wine Research*, 21(2-3): 137-145. DOI: 10.1080/09571264.2010.530098
- Schultz, H.R. & M. Stoll, 2010. Some critical issues in environmental physiology of grapevines: future challenges and current limitations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16: 4-24. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2009.0074.x
- Schultz, H.R., 2016. Global climate change, sustainability, and some challenges for grape and wine production. *Journal of Wine Economics*, 11(1): 181-200. DOI:10.1017/jwe.2015.31
- Sen, B., S. Topcu, M. Turkes, B. Sen & J.F. Warner, 2012. Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey. *Climate Research*, 52: 175–191. DOI: 10.3354/cr01074
- Soltekin, O., A. Güler, A. Candemir, A. Altındışlı & A. Unal, 2019. Response of (*Vitis vinifera* L.) cv. Fantasy Seedless to water deficit treatments: Phenolic compounds and physiological activities. *BIO Web of Conferences*, 15: 01001. DOI:10.1051/bioconf/20191501001.
- Soltekin, O., T. Teker & A. Altındışlı, 2020. Deficit irrigation strategies in *Vitis vinifera* L. ‘Crimson Seedless’ table grape: Physiological responses, growth, yield and fruit quality. XXX International Horticultural Congress, International Symposium on Viticulture: Primary Production and Processing 1276: 197-204. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1276.28
- Tóth, J.P. & Z. Végvári, 2016. The future of winegrape growing regions in Europe. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22(1): 64-72. DOI: 10.1111/ajgw.12168
- Türkeş, M. & E. Erlat, 2018. Aşırı hava ve iklim olaylarında dünya ve Türkiye’de gözlenen değişiklik ve eğilimlerin bilimsel bir değerlendirmesi. In: İklim Değişikliği ve Yeşil Boyut: Yeşil Ekonomi ve Yeşil Büyüme. (Ed. Meltem Ucal), pp5-38. ISBN 978-605-680-604-7, İstanbul, Türkiye
- Türkeş, M., 2012. Türkiye’de gözlenen ve öngörölen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi, Çevre Bilimleri Dergisi*. 4(2): 1-32
- Türkeş, M., 2019. İklim değişikliğinin fiziksel bilim temeli-1. İklim sistemi ve iklim değişikliği nedir? İklim değişikliğinin başlıca nedenleri nelerdir? *Toplum ve Hekim Dergisi*, 34(6): 457-475.
- Türkeş, M.T., 2020. İklim değişikliğinin tarımsal üretim ve gıda güvenliğine etkileri: Bilimsel bir değerlendirme. *Ege Coğrafya Dergisi*, 29(1): 125-149.
- Van Leeuwen, C. & P. Darriet, 2016. The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1): 150-167. DOI:10.1017/jwe.2015.21
- Van Leeuwen, C., A. Destrac-Irvine, M. Dubernet, E. Duchêne, M. Gowdy, E. Marguerit, P. Pieri, A. Parker, L. de Rességuier & N. Ollat, 2019. An update on the impact of climate change in viticulture and potential adaptations. *Agronomy*, 9(9): 514. DOI:10.3390/agronomy9090514
- Webb, L.B., P.H. Whetton & E.W.R. Barlow, 2011. Observed trends in winegrape maturity in Australia. *Global Change Biology*, 17(8): 2707-2719. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02434.x