

KÜRESEL ISINMANIN BAHÇE BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ VE GELECEĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ali İKİNCİ^{1*}

¹Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa/Türkiye
ORCID: 0000-0001-8149-7095

*Sorumlu Yazar: aliikinci@harran.edu.tr

Geliş (Received): 02.07.2025

Kabul (Accepted): 20.11.2025

ÖZET

Küresel iklim değişikliği, tarım sektörü üzerinde derin ve çok yönlü etkiler yaratmakta; bu değişimlerden en çok etkilenen alanların başında ise bahçe bitkileri yetiştiriciliği gelmektedir. Dünya genelinde sıcaklıkların artmasına, iklim desenlerinin değişmesine ve ekstrem hava olaylarının sıklığının artmasına neden olan küresel ısınma, bitkilerin büyüme, verimlilik, hastalıklara karşı direnç ve su ihtiyacı gibi hayati özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışma, iklim değişikliğinin bahçe bitkilerinin büyüme, gelişme ve verimlilik süreçleri üzerindeki karmaşık etkilerini, fenolojik kaymalardan su kaynaklarının azalmasına ve bitki hastalıklarının yayılmasına kadar geniş bir yelpazede ele almaktadır. Bu doğrultuda, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik genetik çeşitlilik ve ıslah çalışmaları, su tasarrufu sağlayan akıllı sulama sistemleri, entegre zararlı yönetimi yaklaşımları gibi kontrollü tarım uygulamalarını içeren çok yönlü adaptasyon stratejileri sunulmaktadır. Makalede, mevcut bilimsel literatür bulguları ışığında, bahçe bitkilerinin bu yeni koşullara nasıl adapte olabileceği ve sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla bu olumsuz etkilerin nasıl hafifletilebileceği tartışılarak, geleceğe yönelik bir yol haritası çizilmektedir.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği; Adaptasyon stratejileri, Su yönetimi; Genetik ıslah, Sürdürülebilir tarım

EFFECTS OF GLOBAL WARMING ON HORTICULTURAL CROP PRODUCTION AND IMPLICATIONS FOR THE FUTURE

ABSTRACT

Global climate change exerts profound and multifaceted impacts on agriculture, with horticultural production among the most vulnerable sectors. Rising global temperatures, altered climate regimes, and the increasing frequency of extreme weather events substantially affect key plant traits, including growth, productivity, disease resistance, and water requirements. This study explores the complex consequences of climate change on the growth, development, and yield of horticultural crops, encompassing phenomena such as phenological shifts, declining water availability, and the heightened prevalence of plant diseases. To address these challenges, a suite of adaptation strategies is outlined, including the enhancement of genetic diversity through breeding programs, the implementation of water-efficient smart irrigation technologies, and the integration of sustainable practices such as integrated pest management. Drawing upon current scientific evidence, the article discusses potential pathways by which horticultural crops may adapt to emerging climatic conditions and highlights how sustainable agricultural approaches can mitigate adverse impacts, thereby providing a roadmap for future resilience.

Keywords: Climate change; Adaptation strategies; Water management; Genetic improvement; Sustainable agriculture

1. GİRİŞ

Küresel ısınma, dünya genelinde giderek etkisini artıran bir sorun olarak ciddi iklim değişimlerine yol açmakta ve bahçe bitkileri yetiştiriciliği üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Artan sıcaklıklar, değişen yağış desenleri ve sıklaşan ekstrem hava olaylarının bitki büyümesi ve verimliliğini olumsuz etkilediği saptanmıştır (Janni ve ark., 2024). Bu etkiler yalnızca sıcaklık artışları ile sınırlı olmayıp, su kıtlığı, toprak verimliliğinde azalma ve bitki hastalıklarının yaygınlaşması gibi kritik alanlarda da kendini göstermektedir (Pareek ve ark., 2020).

Araştırmalar, küresel ısınmanın bitkilerin fenolojik evrelerinde kaymalara yol açtığını ortaya koymuştur. Örneğin, Kuzey Amerika'da leylak türlerinin (*Syringa sp.*) çiçeklenme zamanları her on yılda ortalama 1,8 gün öne kayarken (Schwartz ve Reiter, 2000), Hollanda'da meşe ağaçlarının tomurcuklanma dönemleri artan sıcaklıklara bağlı olarak daha erken gerçekleşmektedir (Visser ve Holleman, 2001). Bu fenolojik kaymalar, tozlaşma süreçlerinden türler arası rekabet dinamiklerine kadar birçok ekosistem hizmetini olumsuz etkilemektedir (Forrest, 2015; Fu ve ark., 2022).

Bahçe bitkileri, hassas fizyolojik yapıları ve dar iklim toleransları nedeniyle iklim değişikliklerinden özellikle etkilenmektedir. Artan sıcaklıklar fotosentez kapasitesini azaltmakta ve su kaybını artırarak bitki gelişimini ve verimliliğini olumsuz etkilemektedir (Janni ve ark., 2024). Değişen yağış desenleri su stresine yol açmakta, ekstrem hava olayları ise fiziksel zarara ve hastalık yayılımına sebep olmaktadır (Bal ve ark., 2014; Lesk ve ark., 2021). Bu etkiler, bahçe bitkileri üretiminde ciddi kayıplara neden olmakta ve tarımsal sürdürülebilirlik ile gıda güvenliğini tehdit etmektedir (Wheeler ve von Braun, 2023; Osorio-Marín ve ark., 2024; Beddington ve ark., 2011; IPCC, 2021).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, küresel ısınmanın bitki fizyolojisi üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamızı sağlamıştır. Pareek ve ark. (2020), bitkilerin yüksek sıcaklık stresine karşı geliştirdiği adaptasyon mekanizmalarını ve moleküler temellerini incelemiştir; Janni ve ark. (2024) tarımsal üretim ve gıda güvenliği üzerindeki etkileri değerlendirmiştir. Brunet ve ark. (2025), iklim değişimlerinin bitki kuraklık toleransı ve sağkalımı üzerindeki etkilerini; Elad ve Pertot (2014) bitki hastalıkları ve yayılım dinamiklerini; Zhao ve ark. (2017) tarımsal verimlilikteki bölgesel farklılıkları; Bhargava ve Mitra (2021) artan CO₂ seviyelerinin bitki büyümesi ve su kullanımı üzerindeki etkilerini; Hatfield ve Prueger (2015) ise iklim değişikliğinin tarımsal üretim ve yönetim stratejilerine yansımalarını incelemiştir. Lesk ve ark. (2021), ekstrem hava olaylarının küresel tarımsal üretim üzerindeki etkilerini; Wheeler ve von Braun (2023) ise iklim değişikliğinin gıda güvenliği üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir.

Bu makalede, küresel ısınmanın bahçe bitkileri üzerindeki etkileri detaylı şekilde incelenmiş ve bu etkileri hafifletmek için önerilen stratejiler tartışılmıştır. Dünya genelinde ve Türkiye'de yapılan çalışmalar ışığında, bitkilerin yüksek sıcaklık stresine karşı geliştirdiği adaptasyon mekanizmaları ve sürdürülebilir tarım uygulamaları ele alınmış; küresel ısınmanın bahçe bitkileri yetiştiriciliği üzerindeki potansiyel etkileri ve alınabilecek önlemler detaylandırılmıştır.

2. KÜRESEL ISINMANIN TANIMI VE KAPSAMI

Küresel ısınma, atmosferin ortalama sıcaklığındaki artışı tanımlayan bir olgudur. Başlıca fosil yakıt kullanımı, ormansızlaşma ve endüstriyel faaliyetler sonucunda atmosfere salınan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve azot oksit (N₂O) gibi sera gazlarının birikmesi, güneşten gelen enerjinin bir kısmını hapsederek doğal sera etkisini güçlendirmesi ile ortaya çıkmaktadır (IPCC, 2021). Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarına göre, bu insan kaynaklı faaliyetler sanayi devrimi öncesi döneme kıyasla küresel ortalama yüzey sıcaklığında yaklaşık 1,0 °C'lık bir artışa yol açmış olup, önümüzdeki on yıllarda bu artışın daha da hızlanması öngörülmektedir (IPCC, 2021).

Küresel ısınmanın etkileri yalnızca sıcaklık artışıyla sınırlı kalmamaktadır; artan enerji, Dünya'nın iklim sistemini doğrudan etkileyerek kapsamlı iklim değişikliklerine yol açmaktadır. Sıcaklık artışları, okyanus ve atmosfer dolaşımını değiştirerek yağış düzenlerinde bozulmalara, kar örtüsü ve buzulların erimesiyle deniz seviyelerinde yükselmeye ve ısı dalgaları, şiddetli kuraklıklar, seller ile kasırgalar gibi ekstrem hava olaylarının sıklık ve şiddetinde artışa neden olmaktadır (Türkeş, 2012; IPCC, 2021). Bu durum, özellikle iklim koşullarına bağımlı tarımsal üretim açısından yıkıcı sonuçlar doğurmakta ve bitki yetiştiriciliğinde acil ve etkili uyum stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

2.1. Türkiye'de İklim Değişiklikleri

Türkiye, Akdeniz iklim kuşağında yer alması nedeniyle iklim değişikliğine karşı yüksek derecede hassastır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verilerine göre, 2024 yılı ortalama sıcaklığı 1991-2020 normallerinin 1,7 °C üzerinde gerçekleşerek son 54 yılda sıcaklıklarda belirgin bir artış trendi oluşturmuştur (MGM, 2025a). Bu artışa ek olarak, yağış rejimlerindeki mevsimsel ve bölgesel düzensizlikler ile aşırı hava olayları tarımsal üretimi ciddi şekilde tehdit etmektedir (Türkoğlu ve ark., 2016). Örneğin, 2021'de Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde yaşanan şiddetli kuraklık, buğday ve arpa üretiminde önemli kayıplara yol açmıştır (TÜİK, 2022).

Kuraklık, su kıtlığı ve sıcaklık stresine bağlı artan toprak tuzluluğu, tarımsal verimliliği düşürerek gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Bu durum hem çiftçilerin gelirlerini olumsuz etkiler hem de ülke ekonomisine zarar verir. Türkiye Ziraat Odaları Birliği'nin (TZOB) Mayıs 2021'de yayımladığı rapora göre, 2020'de 20,5 milyon ton olan buğday rekoltesinin, 2021'de kuraklık nedeniyle %9,75 azalarak yaklaşık 18,5 milyon tona düşmesi öngörülmüştür (TZOB, 2021). Ayrıca, düzensiz ve aşırı yağışlar sel ve toprak erozyonuna yol açarak tarım arazilerinin fiziksel yapısını ve verimliliğini olumsuz etkilemektedir (Akalin, 2015). Bu olumsuz etkilerle başa çıkmak için su yönetimi, kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, tarımsal sigorta sistemlerinin güçlendirilmesi ve çiftçilere yönelik eğitimler gibi adaptasyon stratejileri önem taşımaktadır.

3. BAHÇE BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Bahçe bitkileri; meyve, sebze, bağ, süs bitkileri ve aromatik bitkiler gibi geniş bir yelpazede türleri içermektedir. Bu bitkilerin yetiştiriciliğinin, iklim koşullarına oldukça bağımlı olduğu bilinmektedir. Sıcaklık, su, ışık ve yetiştirme ortamı (toprak) gibi çevresel faktörlerdeki değişikliklerden doğrudan etkilendiği saptanmıştır.

3.1. Sıcaklık Artışının Etkileri

Küresel ısınmanın en belirgin etkilerinden biri olan sıcaklık artışı, bitkilerin fizyolojik süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Optimum sıcaklık aralığının dışına çıkılması, bitki büyümesini olumsuz yönde etkileyerek verim kayıplarına yol açmaktadır (Hatfield ve Prueger, 2015). Örneğin, bazı bitkilerde çiçeklenme ve meyve tutumu sıcaklık artışı nedeniyle olumsuz etkilenmektedir. Türkiye’de yapılan bir çalışmada, elma ve kiraz ağaçlarının çiçeklenme dönemlerinin sıcaklık artışı nedeniyle erken gerçekleştiği ve bunun verim kaybına yol açtığı saptanmıştır (Türkoğlu ve ark., 2016).

İklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklıklar, bahçe bitkilerinin büyüme ve gelişme süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Belirli bir eşik değerin üzerindeki sıcaklıklar, fotosentez enzimlerinin etkinliğini bozmakta ve terlemeyi artırarak bitkilerde su stresini tetiklemektedir. Bu durum, fotosentez hızının ve su kullanım verimliliğinin düşmesine yol açarak ısı stresine bağlı verim kayıplarına neden olmaktadır (Hatfield ve Prueger, 2015). Örneğin, domates bitkilerinde yüksek sıcaklıklar çiçek dökümünü artırmakta ve meyve tutumunu azaltmaktadır (Uslu, 2021). Ayrıca, sıcaklık artışlarının bitkilerin fenolojik döngülerini değiştirdiği ve bunun çiçeklenme ile hasat zamanlarının kaymasına yol açtığı belirlenmiştir (Durmuşkahya, 2021).

Yürütülen araştırmalar, sıcaklık artışlarının bitki hastalıkları ve zararlıları üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Yüksek sıcaklıkların bazı zararlı böceklerin üreme hızını artırdığı ve bitkilere daha fazla zarar verdiği bildirilmektedir (Yavaş ve Ünay, 2018). Bebbler ve ark. (2013), iklim değişikliğinin özellikle sıcaklık artışlarının birçok zararlı böcek türünün yaşam döngülerini hızlandırarak popülasyonlarını artırdığını ve bu türlerin yeni coğrafi alanlara yayılmalarını sağladığını ortaya koymuşlardır. Bazı böcek türlerinde kış uykusu süresinin kısalması, bir yılda daha fazla nesil oluşmasına ve bitkilere verilen zararın artmasına yol açmaktadır.

Raza ve Bebbler (2022), iklim değişikliğinin bitki hastalıklarının coğrafi dağılımını değiştirdiğini ve hastalıkların şiddetini artırdığını vurgulamışlardır. Yükselen sıcaklıklar, birçok patojenin yaşam döngüsünü hızlandırmakta, enfeksiyon riskini artırmakta ve bitkilerin hastalıklara karşı direncini azaltmaktadır. IPCC (2021) raporuna göre, ekstrem hava olayları “şiddetli yağışlar ve kuraklıklar” bitki hastalıklarının yayılımını kolaylaştırmakta ve zararlıların popülasyonlarını artırmaktadır. Örneğin, aşırı yağışlar toprakta su birikintileri oluşturarak bazı hastalık sporlarının yayılmasını hızlandırırken, kuraklık bitkileri stres altında bırakarak zararlılara karşı savunmasız hale getirmektedir.

3.1.1. Sıcaklık Artışının Fizyolojik Etkileri

Bitkilerin fizyolojik süreçlerinin yüksek sıcaklıklar nedeniyle önemli ölçüde etkilendiği gözlenmiştir. Fotosentez, solunum ve su kullanımı gibi temel metabolik işlevler, sıcaklık artışına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle fotosentez oranının, yüksek sıcaklıklarda azaldığı ve bunun bitki büyümesini olumsuz etkilediği belirlenmiştir (Challinor ve ark., 2014). Buna ek olarak, yüksek sıcaklıklar bitkilerde stres hormonlarının (ör. abscisik asit) üretimini artırmakta ve bu durum bitki sağlığını tehdit etmektedir. Artan transpirasyon hızı nedeniyle su kaybı yükselmekte ve bitkiler su stresine maruz kalmaktadır; bu da fotosentez etkinliğinin düşmesine ve büyüme hızının yavaşlamasına neden olmaktadır. Berry ve Björkman (1980), yüksek sıcaklıkların protein denatürasyonuna ve enzimatik aktivitelerin bozulmasına yol açarak fizyolojik işlevleri olumsuz etkilediğini göstermiştir. Ayrıca, sıcak

dalgaları termal şok proteinlerinin sentezini tetikleyerek enerji harcamalarını artırmakta ve vejetasyon süresinin kısalmasına neden olmaktadır (Mittler, 2006).

Ilıman ve bazı subtropik iklim meyve türleri, yeterli soğuklama süresine ihtiyaç duymaktadır. Artan sıcaklıklar, bu soğuklama gereksiniminin tamamlanmasını engelleyerek çiçeklenme ve meyve veriminde düşüşlere yol açmaktadır. Sıcaklık artışları genellikle erken çiçeklenmeye neden olmakta ve bitkileri ilkbahar geç donlarına karşı savunmasız bırakmaktadır; bu durum doğrudan ürün kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca, çiçeklenme zamanındaki öne kayma, tozlaşma süreçlerini olumsuz etkileyerek meyve tutumunu azaltmakta ve ürün kalitesini düşürmektedir (Riedo ve ark., 1997).

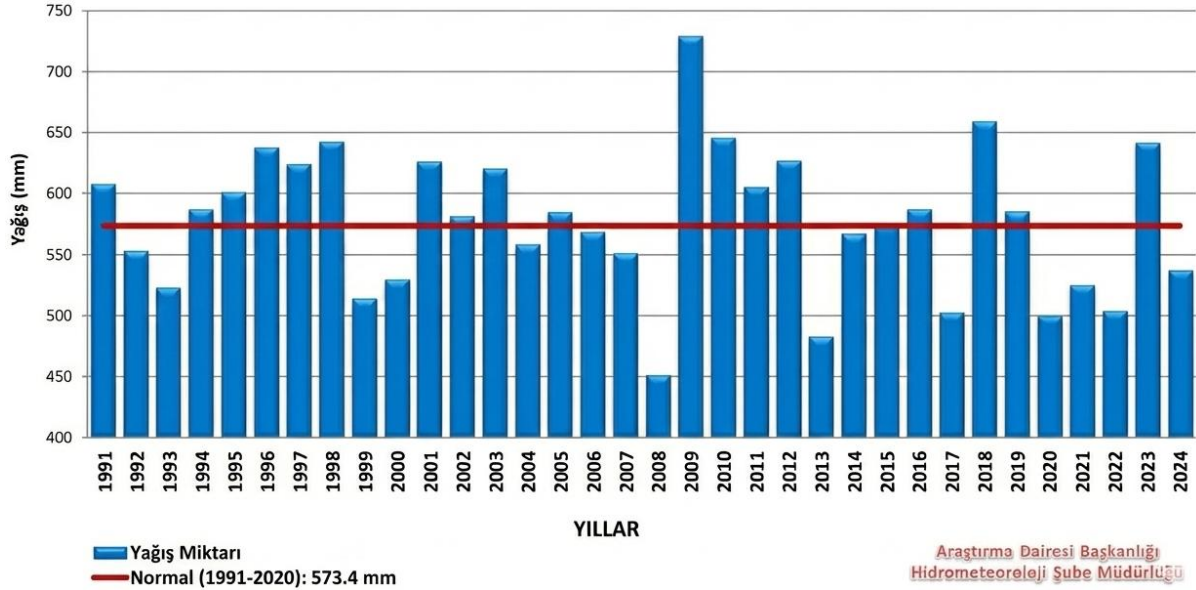
3.2. Yağış Düzenlerindeki Değişiklikler

Küresel iklim değişikliğinin en belirgin etkilerinden biri, yağış rejimlerindeki değişimdir. Bu değişimler, bahçe bitkilerinin yetiştirilmesi ve verimliliği üzerinde çok yönlü olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2024 verilerine göre, Türkiye genelinde yıllık yağış miktarı uzun yıllar ortalamasının %6,3 altında gerçekleşmiş ve belirgin bir kuraklık eğilimi gözlemlenmiştir (Şekil 1). Mevsimsel yağış dengesizlikleri, bitkilerin su ihtiyacını karşılamada ciddi sorunlar yaratmaktadır. Yağış azalması, su kaynaklarının tükenmesine yol açmakta ve bitkileri kuraklık stresine maruz bırakmaktadır. Özellikle marul gibi suya duyarlı bitkilerde, yetersiz sulama koşullarında büyüme geriliği, yaprak solgunluğu ve erken yaşlanma gibi belirtiler ortaya çıkmaktadır (Durmuşkahya, 2021). Meyve veren türlerde, örneğin domateste, kuraklığın meyve tutumunu azalttığı, meyve büyümesini yavaşlattığı ve meyve kalitesini düşürdüğü tespit edilmiştir (Lobell ve ark., 2008). Kuraklık, bitkilerin su alımını sınırlayarak su potansiyelini düşürmekte; bunun sonucunda solgunluk, yaprak dökümü ve hatta bitki ölümü gözlemlenmektedir (Hsiao, 1973). Ayrıca, kuraklık bitkilerde besin maddelerinin taşınmasını engelleyerek büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilemektedir.

Düzensiz yağışların toprak erozyonunu artırdığı ve bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin kaybına yol açtığı belirlenmiştir. Öte yandan, aşırı yağışlar da bitkiler için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Toprakta su birikmesi, kök çürüklüğü gibi hastalıklara yol açmakta ve bitki ölümüne neden olabilmektedir. Özellikle patates ve havuç gibi kök bitkilerinin, yüksek nem koşullarında mantar hastalıklarına karşı daha duyarlı olduğu saptanmıştır (Gilbert, 2002). Aşırı yağışlar, toprak erozyonunu hızlandırarak bitki besin maddelerinin kaybına sebep olmaktadır. Düzensiz yağışlar, toprağın besin maddelerini yıkayarak bitkilerin besin yetersizliği yaşamasına neden olmaktadır. Bu durum özellikle azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi makro besin maddelerinin kaybıyla bitki büyümesi ve gelişimini olumsuz etkilemektedir (Lal, 2004). Buna ek olarak, iklim değişikliğinin zararlı böcek ve hastalıkların coğrafi dağılımını ve yoğunluğunu etkileyerek tarımsal üretimi tehdit ettiği saptanmıştır. Yükselen sıcaklıklar ve artan nem, zararlıların yaşam döngülerini hızlandırmakta ve popülasyonlarını artırmaktadır. Sing ve ark. (2023), bazı tarımsal zararlılarının daha kısa sürede nesil verdiğini ve bunun sonucunda bitkilere daha fazla zarar oluşturduğunu bildirmişlerdir.



TÜRKİYE GENELİ YILLARA GÖRE ALANSAL YAĞIŞLAR



Şekil 1. Türkiye geneli yıllara göre alansal yağış dağılımı (1991-2024).

2024 yılı yağış miktarının (537.2 mm), uzun yıllar ortalamasının (normal) altında kalarak, belirgin bir kuraklık eğilimine işaret ettiği görülmektedir (MGM, 2024b) (Şekil 1).

3.3. Diğer İklimsel Faktörler

İklim değişikliği, sıcaklık ve yağış rejimlerindeki değişimlerin yanı sıra rüzgâr hızı, nem oranı ve ekstrem hava olayları gibi iklimsel faktörleri de etkilemektedir. Bu faktörlerin, bitkilerin büyüme, gelişme ve verimi üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiler oluşturarak tarımsal üretimi önemli ölçüde etkilediği; bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direncini azaltarak genel bitki sağlığını olumsuz yönde etkilediği ortaya konmuştur (Moinina ve ark., 2019). Artan nem oranlarının mantarsal hastalıkların yayılmasını teşvik ettiği; çürüme, küf ve pas gibi hastalıkların yüksek nem koşullarında daha hızlı çoğalarak bitkilere bulaştığı belirlenmiştir (Xu ve Zhao, 2015). Değişen iklim koşullarının bazı faydalı mikroorganizmaların etkinliğini azaltarak bitkilerin besin alımını olumsuz etkilediği saptanmıştır. Artan rüzgâr hızlarının bitkilerde su kaybını artırarak kuraklık stresini şiddetlendirdiği, özellikle genç fidelerde fiziksel hasarlara yol açarak büyümeyi yavaşlattığı; kıyı bölgelerinde görülen şiddetli rüzgârların ise kök sistemlerini zayıflatarak devrilme riskini artırdığı bildirilmiştir (Alotaibi, 2023). Şiddetli fırtınalar, dolu yağışları ve sıcak hava dalgaları gibi ekstrem hava olaylarının bitkilerde fiziksel hasarlara neden olarak verimi düşürdüğü; fırtınaların gövde kırılması, yaprak dökümü ve kök zayıflamasına, dolu yağışlarının ise doku yaralanmaları yoluyla hastalık ve zararlılara duyarlılığın artmasına neden olduğu ifade edilmiştir (IPCC, 2021). Ayrıca iklim değişikliğinin bitki-mikroorganizma etkileşimlerini etkileyerek bitki beslenmesi ve hastalıklara karşı direnç üzerinde önemli sonuçlar doğurduğu; artan sıcaklıklar ve değişen yağış düzenlerinin toprak mikrobiyotasının bileşimi ve aktivitesini değiştirerek bazı faydalı mikroorganizmaların etkinliğini azalttığı ve bunun bitkilerin besin maddelerini daha düşük verimle kullanmasına yol açtığı gösterilmiştir (van der Heijden ve ark., 2008).

3.4. Su Kaynakları ve Sulama İhtiyaçları

Artan sıcaklıklar ve değişen yağış rejimleri, su kaynaklarını azaltırken bitkilerin su gereksinimini artırmaktadır. Gözlemler, kuraklığın özellikle suya bağımlı bahçe bitkilerinin yetiştiriciliğinde ciddi kısıtlar oluşturduğunu ve sürdürülebilir sulama yaklaşımlarının önemini artırdığını göstermektedir (Karaman ve Gökalp, 2010). Türkiye’de özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde su kaynaklarındaki azalışın tarımsal üretimi olumsuz etkilediği; buna karşılık suyun etkin kullanımı ve ileri sulama tekniklerinin uygulanmasının su kıtlığının etkilerini azalttığı belirlenmiştir. Tarımsal verimliliğin artırılmasında su yönetiminin kritik bir rol oynadığı, su kaynaklarının korunması ve etkin kullanımının sürdürülebilir tarım açısından temel bir gereklilik olduğu vurgulanmaktadır. Bu kapsamda damlama ve yağmurlama sulama sistemlerinin su kullanımını optimize ederek bitkilerin su ihtiyacını daha verimli karşıladığı; su hasadı uygulamaları ve yerel su kaynaklarının korunmasının ise bütüncül su yönetiminde önemli katkılar sağladığı bildirilmektedir (Farmonaut, 2024).

3.5. Bitki Hastalıkları ve Zararlılar

İklim değişikliğinin, bitki hastalıkları ve zararlıların yayılış alanları ile şiddetini belirgin biçimde etkilediği ortaya konmuştur. Sıcaklık ve nem koşullarındaki değişimlerin, bazı patojen ve zararlı popülasyonlarının çoğalma hızını artırarak coğrafi dağılımlarını genişlettiği; özellikle nematodlar ve mantarsal hastalıkların bu koşullarda daha yaygın hale geldiği gözlemlenmiştir (Şin ve Okçu, 2022). Türkiye’de yapılan çalışmalar, iklim değişikliğinin patates ve domates başta olmak üzere birçok üründe mantar hastalıklarının artmasına yol açtığını göstermektedir (Şin ve Okçu, 2022). Bu artışın bitki koruma maliyetlerini yükselttiği ve kimyasal mücadeleye bağımlılığı artırarak çevresel kirliliğe neden olduğu saptanmıştır. Bitki hastalıkları ve zararlılarının etkin kontrolünün tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından kritik olduğu; bu kapsamda Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) ve biyolojik kontrol yaklaşımlarının pestisit kullanımını azaltarak çevre dostu çözümler sunduğu kabul edilmektedir. Ayrıca genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının, bitkilerin hastalıklara karşı direnç düzeyini artırmaya yönelik yeni stratejiler geliştirdiği bildirilmektedir (Akalin, 2015).

3.6. Küresel İklim Değişikliğinin Belirli Bahçe Bitkilerine Etkileri

Meyve ağaçlarının uzun ömürlü bitkiler olmaları nedeniyle küresel ısınmanın etkilerini uzun vadede biriktirerek deneyimlediği bilinmektedir. Artan sıcaklıkların, fenolojik döngüleri değiştirerek çiçeklenme ve meyve olgunlaşma dönemlerini etkilediği; bunun da verim ve kalite üzerinde olumsuz sonuçlar doğurduğu ortaya konmuştur (Atkinson ve ark., 2016). Küresel ısınmanın meyve ağaçlarının su gereksinimini artırarak su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini zorlaştırdığı, su kıtlığının ise büyüme ve meyve kalitesini olumsuz etkilediği belirlenmiştir (Berk ve ark., 2018). Ayrıca artan sıcaklıklar ve nem dalgalanmalarının, meyve hastalıkları ve zararlıların yayılımını hızlandırarak meyve sağlığını ciddi biçimde tehdit ettiği bildirilmiştir (Ziska ve ark., 2011).

Sebze üretiminin küresel ısınmaya karşı yüksek duyarlılık gösterdiği; artan sıcaklıklar ve değişen yağış rejimlerinin büyüme döngülerini bozarak verim kayıplarına yol açtığı saptanmıştır. Sıcaklık artışının, sebzelerde çiçeklenme ve meyve bağlama süreçlerini olumsuz etkilediği belirlenmiştir (Hatfield ve Prueger, 2015). Su kaynaklarındaki azalışın, sebzelerde su stresine neden olarak büyüme ve verimliliği düşürdüğü; ayrıca kalite özelliklerini olumsuz etkileyerek piyasa değerlerini azalttığı gösterilmiştir (Chaves ve ark., 2003; Fischer ve ark.,

2007). Bu bulgular, sebze üretiminin büyük ölçüde sulamaya dayalı olduğunu ve yağışın tek başına yeterli olmadığını ortaya koymakta; sulama sistemlerinin su kıtlığının etkilerini azaltmada kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Peyzaj düzenlemelerinde ve estetik amaçlarla yetiştirilen süs bitkilerinin iklim değişikliğinden doğrudan etkilendiği, küresel ısınmanın bu bitkilerin yetiştiriciliği ve kalite özellikleri üzerinde belirgin sonuçlar doğurduğu ortaya konmuştur. Özellikle sıcaklık artışları ve su kıtlığının, süs bitkilerinin büyüme süreçleri ve çiçeklenme özelliklerini olumsuz etkilediği bildirilmektedir (Uzunoğlu ve ark., 2016). Bu bağlamda, iklim değişikliğine dayanıklı türlerin seçimi ve suyun etkin kullanımına dayalı uyum stratejilerinin geliştirilmesi kritik önem taşımaktadır. Süs bitkileri yetiştiriciliğinin büyük ölçüde örtü altında yürütülmesine rağmen, değişen iklim koşullarından önemli ölçüde etkilendiği; üretim alanlarının daralması, tür çeşitliliğinin azalması ve yetiştirme koşullarındaki değişimlerin sektör için yeni zorluklar oluşturduğu belirtilmektedir (Uzunoğlu ve ark., 2016).

4. BAHÇE BİTKİLERİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ADAPTASYON STRATEJİLERİ

Bahçe bitkilerinin, küresel ısınmanın etkilerine karşı çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirdiği belirlenmiştir. Bu adaptasyonların, genetik çeşitliliğin artırılması, yeni tür ve çeşitlerin geliştirilmesi ve tarımsal uygulamaların iyileştirilmesi gibi yöntemlerle sağlandığı saptanmıştır.

4.1. Bahçe Bitkilerinde İklim Değişikliğine Karşı Dayanıklılık

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerini sınırlamak amacıyla bahçe bitkilerinde, su kullanım verimliliğini artırmaya, stres toleransını geliştirmeye ve zararlılara karşı direnci güçlendirmeye yönelik çeşitli adaptasyon stratejileri geliştirilmektedir. Bununla birlikte iklim değişikliğinin, bahçe bitkilerinin genetik çeşitliliği üzerinde belirgin etkiler oluşturduğu saptanmıştır. Habitat kaybı ve parçalanmasının birçok bitki türünde genetik çeşitliliği azalttığı; özellikle Akdeniz iklim kuşağındaki meyve ağaçlarında artan sıcaklıklar ve kuraklığın habitat kayıplarına yol açarak genetik erozyon riskini artırdığı bildirilmektedir (Frankham ve ark., 2002; Kordos, 2021). Bu nedenle genetik kayıpların önlenmesi için tohum bankalarının oluşturulması ve doğal habitatların korunmasına yönelik acil önlemlerin alınması gerektiği vurgulanmaktadır.

İklim değişikliğiyle birlikte ortaya çıkan yeni zararlı ve hastalıkların da bitki popülasyonlarında genetik çeşitliliği sınırladığı belirlenmiştir. Akdeniz Bölgesi'ndeki zeytin ağaçlarında *Xylella fastidiosa* gibi yeni zararlıların, genetik çeşitliliği düşük popülasyonlarda daha hızlı yayıldığı ortaya konmuştur (Gilbert ve Parker, 2016). Genetik çeşitliliğin, bitkilerin çevresel stres koşullarına karşı dayanıklılığını artırmada temel bir unsur olduğu kabul edilmekte; bu doğrultuda ıslah çalışmalarının iklim değişikliğine daha dayanıklı ve verimli türlerin geliştirilmesine odaklandığı belirtilmektedir (Challinor ve ark., 2014). Bu çalışmaların, kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık stresi gibi çevresel baskılara karşı direnç kazandırmada etkili olduğu; Türkiye'de yapılan araştırmalarda da yerel buğday çeşitlerinin iklim değişikliğine daha iyi uyum sağladığı ve genetik çeşitliliğin artırılmasının önem taşıdığı gösterilmiştir (Akalin, 2015). Ayrıca iklim değişikliğinin, bitki türlerinin coğrafi dağılımını değiştirerek genetik çeşitlilik üzerinde etkili olduğu belirlenmiş olup, bu etkiler Tablo 1'de özetlenmiştir.

DERLEME MAKALE

Tablo 1. İklim değişikliğinin genetik çeşitlilik üzerindeki etkileri

Etkiler	Açıklama
Habitat kaybı ve parçalanması	Sıcaklık artışlarının, kuraklık ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi faktörlerin, birçok bitki türünün habitatlarını yok ederek, genetik çeşitliliği azalttığı belirlenmiştir.
Yeni zararlılar ve hastalıklar	İklim değişikliğinin, yeni zararlı ve hastalıkların ortaya çıkmasına ve yayılmasına neden olarak bitki popülasyonlarını tehdit ettiği saptanmıştır.
Fenolojik değişiklikler	Çiçeklenme zamanlarındaki değişikliklerin, tozlaşma süreçlerini etkileyerek, genetik akışı sınırladığı ve genetik çeşitliliği azalttığı belirlenmiştir.
Ekstrem hava olayları	Şiddetli fırtınalar, sel ve kuraklık gibi olayların, bitki popülasyonlarını yok ederek genetik çeşitliliği azalttığı saptanmıştır.

Türkiye'nin tarımsal genetik çeşitlilik bakımından zengin bir ülke olduğu ve bu çeşitliliğin iklim değişikliğine yönelik adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir kaynak oluşturduğu kabul edilmektedir. Türkiye'de üniversiteler ve araştırma enstitülerinde yürütülen bitki ıslahı ve genetik çalışmaların, çevresel streslere daha dayanıklı türlerin geliştirilmesine odaklandığı; özellikle kuraklık ve tuzluluğa toleranslı bitkilerin geliştirilmesine yönelik araştırmaların ülkenin farklı bölgelerinde başarıyla sürdürüldüğü bildirilmektedir (Akalin, 2015).

4.2. Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları

Sürdürülebilir tarım, doğal kaynakların korunmasını ve tarımsal faaliyetlerin çevresel etkilerinin azaltılmasını amaçlayan uygulamalar bütünüdür. Organik tarım, entegre zararlı yönetimi ve agroekolojik yaklaşımların, küresel ısınmanın olumsuz etkilerini hafifletmede önemli rol oynadığı; bu uygulamaların Türkiye'de giderek yaygınlaştığı ve hem çevresel korumaya hem de tarımsal verimliliğin sürdürülebilirliğine katkı sağladığı değerlendirilmektedir (Akalin, 2015).

Organik tarımın, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak çevre dostu bir üretim modeli sunduğu; toprak sağlığını koruduğu, biyolojik çeşitliliği artırdığı ve ekosistem dengelerini desteklediği kabul edilmektedir. Türkiye'de özellikle Ege ve Akdeniz bölgelerinde yaygın olarak uygulanan organik tarımın, çiftçilerin daha sürdürülebilir üretim yaklaşımlarını benimsemelerine olanak sağladığı bildirilmektedir (Akalin, 2015).

4.3. Su Yönetimi ve İleri Sulama Teknikleri

Kuraklık koşullarında bitkilerin su gereksinimini karşılamak amacıyla damlama ve mikro sulama gibi su tasarrufu sağlayan yöntemlerin yaygın olarak kullanıldığı; bu tekniklerin suyu doğrudan kök bölgesine ileterek kayıpları azalttığı ve su kullanım verimliliğini artırdığı belirlenmiştir (Allen ve ark., 1998). Akdeniz ikliminde yetiştirilen zeytin ve badem gibi türlerde sulama yönetiminin, kuraklık stresine karşı temel bir adaptasyon stratejisi olduğu kabul edilmektedir. Su yönetimi, su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımını hedefleyen bütüncül bir yaklaşım olup, damlama ve yağmurlama sulama ile su hasadı gibi ileri tekniklerin bitkilerin su ihtiyacını daha verimli karşılamada etkili olduğu bildirilmektedir (Zhang ve ark., 2019). Türkiye'de, Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) başta olmak üzere büyük ölçekli uygulamaların sulama ve su yönetimi altyapısının geliştirilmesinde önemli rol oynadığı; su kaynaklarının sınırlı olduğu ülke koşullarında yerel ve ulusal düzeyde yürütülen politikaların modern sulama tekniklerinin yaygınlaşmasını teşvik ederek su tasarrufu ve tarımsal verimliliği artırdığı ifade edilmektedir (Farmonaut, 2024).

4.4. Teknolojik Uygulamalar

Teknolojik uygulamaların, bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde verimliliği artırmada ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmada kritik bir rol üstlendiği kabul edilmektedir. Sensör teknolojilerinin, iklim ve toprak koşullarını izleyerek bitki gereksinimlerine dayalı sulama ve gübreleme uygulamalarını optimize ettiği; uzaktan algılama ve yapay zekâ temelli akıllı tarım sistemlerinin ise üretim etkinliğini artırdığı ortaya konmuştur (Çakmakçı ve Çakmakçı, 2023). Kontrollü ortam uygulamalarının, bitkilerin iklim değişkenliğinden daha az etkilenmesini sağlayarak verimlilik ve ürün kalitesini yükselttiği; özellikle örtü altı yetiştiriciliğin büyüme koşullarını optimize ederek daha istikrarlı ve yönetilebilir bir üretim ortamı sunduğu bildirilmektedir (Kondratieva, 2021). Toprak nem sensörlerinin, bitkilerin su gereksinimini hassas biçimde belirleyerek gereksiz sulamaları önlediği, su tasarrufu sağladığı ve doğru sulama yönetimi yoluyla bitki stresini ve hastalık riskini azalttığı; meyve ağaçlarında sulama zamanlamasını iyileştirerek verim üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu ifade edilmektedir (Anonim, 2025; Usta, 2024).

4.4.1. Akıllı Sulama Sistemleri

Akıllı sulama sistemlerinin, bitkilerin su gereksinimlerini zamanlama ve miktar açısından doğru karşılayarak suyun etkin kullanımını sağladığı bilinmektedir. Bu sistemler, toprak nem sensörleri, meteorolojik istasyonlar ve yapay zekâ tabanlı analiz yazılımlarını entegre ederek bitki fizyolojisi ve çevresel koşulları gerçek zamanlı izlemekte; elde edilen veriler doğrultusunda sulama programını otomatik ayarlayarak aşırı veya yetersiz sulamanın önüne geçmektedir.

Bu teknolojilerin tarımsal üretime sağladığı başlıca avantajlar şunlardır:

- **Su tasarrufu:** Sulama yalnızca ihtiyaç duyulan zamanda ve miktarda gerçekleşerek su kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlar.
- **Verim artışı:** Bitki su stresi en aza indirildiği için büyüme ve gelişim süreçleri sağlıklı ilerler ve ürün verimliliği artar.
- **Enerji tasarrufu:** Sulama pompaları daha kısa süre ve daha az sıklıkta çalışarak enerji tüketimini azaltır.
- **Çevresel sürdürülebilirlik:** Su kaynaklarının korunması ve kimyasal gübre kullanımının azalmasıyla çevre dostu bir üretim modeli sunar.

4.4.2. Su Tutucu Maddeler

Su tutucu maddelerin, genellikle polimerlerden üretilen ve su moleküllerini bünyesinde depolayabilen granüller olduğu bilinmektedir. Toprağa katıldıklarında suyu emerek depoladıkları ve kurak dönemlerde bitkilerin kullanımına sundukları; böylece topraktaki su tutma kapasitesini artırarak kuraklık etkilerini hafiflettiği ifade edilmektedir. Malik ve ark. (2023), su tutucu maddelerin kullanımının toprağın su tutma kapasitesini önemli ölçüde artırdığını, bitki büyümesini desteklediğini; ayrıca kuraklık koşullarında kök gelişimini teşvik ederek toprak yapısını iyileştirdiğini ve suyun daha etkin tutulmasını sağladığını saptamışlardır.

Kuraklık koşullarında bitki büyümesini desteklemek ve tarımsal verimliliği artırmak amacıyla su tutucu maddelerin yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Zhang ve ark. (2018), buğdayda su tutucu madde uygulamasının kuraklık stresi altındaki bitkilerin su kullanım verimliliğini artırdığını ve biyokütleyi yükselttiğini saptamıştır. Tang ve ark. (2024) çilek

bitkisinde su tutucu madde kullanımının meyve verimini ve kalitesini iyileştirdiğini; Khalil ve ark. (2022) erik (*Prunus salicina*) ağaçlarında uygulamanın su verimliliğini artırarak su stresi altında meyve verimini yükselttiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Alshallash ve ark. (2022) su tutucu polimerlerin toprakta su tutma kapasitesini artırarak mango (*Mangifera indica* L.) cv. ‘Shelly’ meyvesinin kurak koşullardaki verim ve kalitesini olumlu etkilediğini bildirmiştir. Bu bulgular, su tutucu maddelerin farklı bitki türlerinde kuraklık stresine karşı etkili olduğunu ve sürdürülebilir tarım için önemli bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Su tutucu maddelerin başlıca avantajları şunlardır:

- **Kuraklık direnci:** Bitkilerin kuraklığa karşı dayanıklılığını artırır.
- **Sulama sıklığının azalması:** Sulama aralıklarını uzatarak işçilik maliyetlerini düşürür.
- **Toprak yapısının iyileşmesi:** Topraktaki gözenekliliği artırarak havalanmayı ve toprak yapısını iyileştirir.
- **Besin maddelerinin daha iyi tutulması:** Gübrelerin yıkanmasını önleyerek besin maddelerinin daha verimli kullanılmasını sağlar.

Akıllı sulama sistemleri ile su tutucu maddelerin birlikte kullanımı, tarımsal su yönetiminin etkinliğini artırmaktadır. Toprak nem sensörleri sayesinde bitkilerin su ihtiyacı ve toprağın su tutma kapasitesi belirlenirken, su tutucu maddeler topraktaki suyun daha uzun süre korunmasını sağlamaktadır. Böylece sulama sıklığı azalmakta, su tasarrufu sağlanmakta ve bitki stresi önlenmektedir. Özetle, bu teknolojiler iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmada ve sürdürülebilir tarım uygulamalarında kritik araçlar olarak değerlendirilmektedir; yaygınlaştırılmaları su kaynaklarının korunmasına ve gıda güvenliğinin sağlanmasına önemli avantajlar kazandırmaktadır.

4.5. Kuraklığa Dayanıklı Çeşitlerin Geliştirilmesi

Kuraklığa ve tuzluluğa dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi, tarımsal üretimin iklim değişikliğine bağlı olumsuz etkilerden korunmasında kritik öneme sahiptir. Genetik ıslah yöntemleri bu alanda temel yaklaşımlar arasında yer almakta olup, bağcılıkta düşük su tüketimiyle yüksek şeker içeriği sunan üzüm çeşitlerinin geliştirilmesi üzerine çalışmalar sürdürülmektedir (Bozkuş ve Bozkuş, 2024). Bu araştırmaların hem kalite hem de su tasarrufu açısından çiftçilere ve tarım sektörüne önemli katkılar sağladığı bildirilmektedir. Türkiye’de farklı asma çeşitlerinin kuraklık stresine karşı fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler tepkilerinin incelenerek kuraklığa dayanıklı üzüm çeşitlerinin belirlenmesi hedeflenmektedir (Koç, 2020). Ayrıca, genom düzenleme teknolojileri, bitkilerin kuraklık, tuzluluk, hastalık ve zararlara karşı direncini artırmak amacıyla kullanılmakta; CRISPR-Cas9 gibi yöntemlerle buğday ve pirinç gibi temel tahıllarda kuraklık toleransı genlerinin başarıyla aktarıldığı bildirilmiştir (Wang ve ark., 2023). Benzer çalışmalar meyve ağaçları ve sebzeler üzerinde de yürütülerek daha dayanıklı çeşitler geliştirilmesi hedeflenmektedir.

4.6. Entegre Zararlı Yönetimi (EZY)

İklim değişikliğiyle birlikte zararlı böcek ve hastalık yayılımlarının giderek arttığı gözlemlenmektedir. Elma ve armut gibi meyve ağaçlarında güve ve pas gibi zararlılarla mücadelede, biyolojik kontrol yöntemleri ile dirençli çeşitlerin kullanımı, kimyasal ilaç ihtiyacını azaltarak çevre dostu bir alternatif sunmaktadır. Ayrıca, sebze yetiştiriciliğinde faydalı böceklerin korunması ve doğal düşmanların kullanımı gibi Entegre Zararlı Yönetimi (EZY) uygulamalarının giderek yaygınlaştığı belirtilmiştir (Singh vd., 2023).

4.7. Sera ve Örtüaltı Tarımı

Sera ve örtü altı tarım uygulamalarının, bitkileri iklimsel stres faktörlerinden koruyarak hem üretim miktarını artırdığı hem de ürün kalitesini iyileştirdiği bilinmektedir. Özellikle çilek, hıyar ve domates gibi çevresel koşullara duyarlı türlerin, kontrollü sera ortamlarında daha başarılı şekilde yetiştirilebildiği kabul edilmektedir. Bu sistemlerde, yapay aydınlatma, ısıtma ve soğutma gibi teknolojilerin entegrasyonu ile bitkilerin optimum büyüme koşullarına kavuştuğu bildirilmiştir (Aznar-Sánchez ve ark., 2009).

4.8. İklim Değişikliğine Adaptasyon için Geliştirilen Yeni Teknolojiler (Yapay Zekâ Destekli Tarım)

Yapay zekanın, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve tarımsal üretimi sürdürülebilir hale getirmek için önemli bir araç olarak ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. İklim değişikliğine adaptasyon için yapay zekanın potansiyel kullanım alanları şunlardır:

- **Hassas tarım:** Yapay zekâ algoritmalarının; uydu görüntüleri, meteorolojik veriler ve toprak sensörlerinden elde edilen bilgileri analiz ederek, bitki sağlığını gerçek zamanlı olarak izleyebildiği ve sulama ile gübreleme gibi tarımsal uygulamaları optimize edebildiği belirtilmektedir. Özellikle hassas sulama sistemlerinde yapay zekâ entegrasyonunun, su kullanım verimliliğini %30'a kadar artırabildiği bildirilmiştir (Lobell ve ark., 2011; Aarif ve ark., 2025). Ayrıca, yapay zekâ destekli teşhis sistemlerinin bitki hastalıklarını erken dönemde tespit ederek ürün kayıplarını önemli ölçüde azalttığı bilinmektedir. Görüntü işleme ve derin öğrenme tekniklerinin, bitki hastalıklarının otomatik tanımlanmasında başarılı şekilde kullanıldığına dair çok sayıda çalışma mevcuttur (Mohanty ve ark., 2016).
- **Tahmine dayalı analizler:** Yapay zekanın, iklim modelleri ve geçmiş verileri kullanarak gelecekteki iklim koşullarını tahmin edebildiği belirtilmektedir. Bu sayede, üreticilerin iklim değişikliğine daha iyi hazırlanabildiği ve riskleri minimize edebildiği ifade edilmektedir.
- **Yeni çeşitlerin geliştirilmesi:** Yapay zekanın; genetik verileri analiz ederek, yeni çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılabildiği saptanmıştır. Bu sayede, kuraklığa, tuzluluğa ve hastalıklara daha dayanıklı bitki çeşitlerinin elde edilebildiği belirtilmektedir.

5. KÜRESEL ISINMANIN GELECEKTEKİ ETKİLERİ

Küresel ısınmanın etkilerinin gelecekte daha da belirgin hale geleceği ve tarımsal üretimi derinden etkileyeceği öngörülmektedir. Bu nedenle, iklim projeksiyonları ve senaryoları doğrultusunda uyum stratejilerinin geliştirilmesinin önemli olduğu kabul edilmektedir.

5.1. İklim Projeksiyonları ve Olası Senaryolar

İklim modelleri, gelecekteki iklim koşullarını öngörmek amacıyla kullanılan temel araçlar arasında yer almaktadır. Bu modellerin; sıcaklık, yağış miktarı ve ekstrem hava olaylarındaki olası değişimleri ortaya koyan çeşitli senaryolar ürettiği belirtilmiştir (Lobell ve Gourdji, 2012). Tarımsal üretim genelinde ve özellikle bahçe bitkileri yetiştiriciliği bağlamında, söz konusu senaryoların dikkatle değerlendirilmesi ve buna uygun uyum stratejilerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

5.1.1. Türkiye İçin İklim Senaryoları

Türkiye için yapılan iklim projeksiyonları, gelecekte sıcaklıkların artacağını ve yağışların azalacağını öngörmektedir; bu durumun özellikle tarımsal üretimde su kıtlığına ve verim kayıplarına yol açacağı tahmin edilmektedir (Türkoğlu ve ark., 2016). Ülkedeki iklim değişikliğine uyum stratejileri, özellikle su yönetimi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına odaklanmaktadır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2024 İklim Değerlendirmesi Raporu'na göre Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklığı 15.6 °C olarak ölçülmüş, 1991–2020 ortalaması olan 13.9 °C'nin 1.7 °C üzerine çıkarak son 54 yılın rekorunu kırmıştır (MGM, 2025a). Aynı yıl alansal yağış miktarı 537.2 mm olarak kaydedilmiş ve uzun yıllar ortalaması olan 573.4 mm'ye kıyasla %6.3 azalma göstermiştir (MGM, 2025b). Bu artan sıcaklık ve azalan yağış, bahçe bitkileri yetiştiriciliğini doğrudan tehdit etmektedir; özellikle meyve ağaçlarında soğuklama ihtiyacının karşılanamaması, artan sıcaklık stresi ve su kıtlığı nedeniyle meyve tutumu düşmekte, meyve kalitesi azalmakta ve olgunlaşma dönemlerinde kaymalar yaşanmaktadır. Bu veriler, Türkiye için geliştirilen iklim projeksiyonları ve su kıtlığı uyarılarının artık somut bir gerçeklik haline geldiğini göstermektedir.

5.2. Küresel Isınmanın Sosyoekonomik Etkileri

Küresel ısınmanın yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyoekonomik etkilerinin de önemli boyutlar taşıdığı bilinmektedir. Tarımsal üretimdeki değişimlerin gıda güvenliği, istihdam ve ekonomik kalkınma üzerinde doğrudan etkiler yaratacağı öngörülmektedir (Wheeler ve Von Braun, 2013). Tarımsal sistemler üzerindeki değişikliklerin, toplumların sosyoekonomik yapısını şekillendirdiği; özellikle üretimdeki azalışların gıda güvenliği sorunlarını derinleştirdiği ve gelişmekte olan ülkelerde yoksulluğu artırdığı raporlanmıştır (FAO, 2019).

Tarım sektörünün birçok bölgede başlıca istihdam kaynağı olması nedeniyle, iklim değişikliğinin yol açacağı üretim dalgalanmalarının milyonlarca kişinin geçim kaynaklarını etkilemesi beklenmektedir. Artan sıcaklık ve ekstrem hava olaylarının ürün piyasa değerleri üzerinde baskı oluşturduğu; su ve enerji maliyetlerindeki artışların üretim giderlerini yükselterek çiftçilerin ekonomik sürdürülebilirliğini zorlaştırdığı belirtilmiştir (Garnett ve ark., 2013). Küresel gıda ticaretindeki dengesizliklerin ise ülkeler arasındaki ekonomik eşitsizlikleri derinleştirdiği raporlanmıştır.

Bu sosyoekonomik zorluklarla başa çıkmak için yerel ve ulusal düzeyde iklim değişikliği politikalarının geliştirilmesi zorunlu olup; kamu ve özel sektör iş birliğiyle oluşturulacak finansal destek mekanizmalarının tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır.

5.2.1. Gıda Güvenliği ve Ekonomik Etkiler

Küresel ısınmanın tarımsal üretim üzerindeki etkilerinin, gıda güvenliği açısından ciddi tehditler oluşturduğu belirlenmiştir. Tarımsal verimlilikteki düşüşlerin, gıda fiyatlarının artmasına ve gıda kıtlığına yol açtığı saptanmıştır (Wheeler ve Von Braun, 2013). Ayrıca, tarım sektöründeki değişikliklerin, istihdam ve ekonomik kalkınma üzerinde de önemli etkiler yarattığı belirlenmiştir. Türkiye'de tarım sektörünün, istihdam ve ekonomik kalkınma

açısından büyük bir öneme sahip olduğu ve bu nedenle iklim değişikliklerine karşı dirençli bir tarım sistemi geliştirmenin kritik bir gereklilik olduğu kabul edilmektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, iklim değişikliğinin bahçe bitkileri yetiştiriciliği üzerindeki etkilerinin yalnızca üretim miktarı ile sınırlı kalmadığını; fenolojik döngülerden tozlaşmaya, meyve kalitesinden zararlı ve hastalıkların yayılımına kadar birçok süreci doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur. Küresel ısınma ve düzensiz yağış modelleri, özellikle ılıman ve subtropikal meyve türlerinde çiçeklenme zamanlarını değiştirmekte, tozlayıcı popülasyonlarını azaltmakta ve buna bağlı olarak meyve tutumunu zayıflatmaktadır. Sıcaklık ve nem değişimleri ise zararlı ve hastalıkların yayılımını hızlandırarak üretimde ek kayıplara yol açmaktadır; bu durum, meyvecilik sektörünün iklim değişikliğine karşı ciddi kırılganlık taşıdığını göstermektedir.

Bu risklerin azaltılmasında öncelikli adım, genetik çeşitliliğin artırılmasıdır. İklim streslerine dayanıklı, düşük soğuklama ihtiyacı olan ve kuraklığa uyumlu yeni çeşitlerin geliştirilmesi uzun vadeli bir çözüm olarak görülmektedir. Türkiye’de yürütülecek ıslah programlarının, yalnızca yeni çeşitler geliştirmekle sınırlı kalmayıp, bunların yaygınlaştırılması ve üreticiler tarafından uygulanabilir hale getirilmesi önem taşımaktadır.

Çiftçilerin bilgi ve farkındalık düzeyinin yükseltilmesi de uyum stratejilerinin başarısı için kritik bir faktördür. Eğitim programları aracılığıyla, ileri sulama teknikleri, toprak koruma yöntemleri, organik madde artırımı ve sürdürülebilir tarım uygulamaları gibi konularda bilgi aktarılmalı; üreticilerin iklimsel risklere karşı direnci artırılmalıdır.

Politika düzeyinde yapılacak düzenlemeler sürecin ayrılmaz bir parçasıdır. Su kaynaklarının etkin kullanımını sağlamak için ulusal su yönetimi politikaları güçlendirilmeli; modern ve su tasarrufu sağlayan sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması teşvik edilmelidir. Tarım politikalarının, sürdürülebilir uygulamaları destekleyecek şekilde revize edilmesi ve çiftçilerin bu uygulamalara erişimini kolaylaştıracak teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Toprak yönetimi de ihmal edilmemelidir. Toprak verimliliğini artıracak organik ve biyolojik uygulamalar geliştirilerek, erozyonu önleyici yöntemler ve uygun ara ürün sistemleri teşvik edilmelidir. Bu yaklaşımlar, uzun vadede iklim değişikliğinin toprak ekosistemi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltacaktır.

Sonuç olarak, iklim değişikliğinin meyvecilik sektörü üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması, biyoteknolojik ve tarımsal çözümlerle birlikte eğitim, politika düzenlemeleri ve doğal kaynak yönetimini kapsayan bütüncül bir strateji ile mümkün olacaktır. Türkiye’nin meyvecilikte rekabet gücünü koruyabilmesi, araştırma-geliştirme faaliyetlerinin hızlandırılması, üretici bilincinin artırılması ve iklim dostu politikaların etkin şekilde uygulanması ile sağlanabilecektir.

Çıkar Çatışması: Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını tasdik eder.

Etik Onay: Çalışma sürecinde bilimsel yazım, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş, verilerde tahrifat yapılmamış ve daha önce yayımlanmamıştır. İnsan veya hayvan verisi olmadığından etik kurul izni gerekmez.

KAYNAKLAR

- Aarif, K. O., Mohammed, A., Alam, A., Afroj, H., Hotak, & Yousuf. (2025). Smart Sensor Technologies Shaping the Future of Precision Agriculture: Recent Advances and Future Outlooks. *Journal of Sensors*, 2025, 2460098, 26 pages. <https://doi.org/10.1155/js/2460098>
- Akalın, M. (2015). İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkileri: Bu etkileri gidermeye yönelik uyum ve azaltım stratejileri. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 351-378. <https://doi.org/10.17218/husbed.87012>
- Allen, L. H., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., & Stokes, A. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56.
- Alotaibi, M. (2023). Climate change, its impact on crop production, challenges, and possible solutions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(1), 13020. <https://doi.org/10.15835/nbha51113020>
- Alshallash, K.S., Sharaf, M., Hmdy, A. E., Khalifa, S. M., Abdel-Aziz, H. F., Sharaf, A., Ibrahim, M. T. S., Alharbi, K., & Elkelish, A. (2022). Hydrogel improved growth and productive performance of mango trees under semi-arid condition. *Gels*, 8(10), 602. <https://doi.org/10.3390/gels8100602>
- Anonim, (2025). Tarımda toprak nem sensörü. *Penta Otomasyon*. <https://www.pentaotomasyon.com.tr/Uploads/Document/d9a80c63-1dda-4064-bae7-ca6aeb8b3a00.pdf> (Erişim Tarihi: 12.01.2025).
- Atkinson, C. J., Brennan, R. M., & Jones, H. G. (2016). Declining chilling and its impact on temperate perennial crops. *Environmental and Experimental Botany*, 91, 48–62. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.02.004>
- Aznar-Sánchez, J. A., Velasco-Muñoz, J. F., López-Felices, B., & Román-Sánchez, I. M. (2020). An Analysis of Global Research Trends on Greenhouse Technology: Towards a Sustainable Agriculture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 664. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020664>
- Bal, S. K., Saha, S., Fand, B. B., Singh, N. P., Rane, J., & Minhas, P. S. (2014). Hailstorms: Causes, damage and post-hail management in agriculture. *Technical bulletin*, 5, 44.
- Beddington, J. R., Asaduzzaman, M., Fernandez, A., Clark, M. E., Guillou, M., Jahn, M. M., & Wakhungu, J. W. (2011). Achieving food security in the face of climate change: Summary for policy makers from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), Copenhagen, Denmark.
- Berk, S.K., Kocoglu, S.T., Bak, T., Tas, A., & Gundogdu, M. (2018). Effect of temperature and water stress on the flower and fruit in fruit trees. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4(10), 357-363.
- Berry, J., & Björkman, O. (1980). Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 31(1), 491–543. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.31.060180.002423>
- Bhargava, S., & Mitra, S. (2021). Elevated atmospheric CO₂ and the future of crop plants. *Plant Breed.*, 140, 1–11. <https://doi.org/10.1111/pbr.12871>
- Bozkuş, Ş., & Bozkuş, M. (2024). Asma Islahında Son Gelişmeler ve Güncel Metotlar. *Bahçe*, 53(2), 127-135. <https://doi.org/10.53471/bahce.1436889>
- Brunet, J., Inouye, D. W., Wilson Rankin, E. E., & Giannini, T. C. (2025). Global change aggravates drought, with consequences for plant reproduction. *Annals of Botany*, 135(1-2), 89-104. <https://doi.org/10.1093/aob/mcae186>

DERLEME MAKALE

- Challinor, A. J., Watson, J., Lobell, D. B., Howden, S. M., Smith, D. R., & Chhetri, N. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4(4), 287–291. <https://doi.org/10.1038/nclimate2153>
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30(3), 239–264. <https://doi.org/10.1071/FP02076>
- Çakmakçı, M. F. & Çakmakçı, R. (2023). Uzaktan algılama, yapay zekâ ve geleceğin akıllı tarım teknolojisi trendleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (52), 234-246. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10439935>
- Durmuşkahya, C. (2021). Küresel iklim değişikliğinin bitki örtüsüne etkileri. *Celal Bayar Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi*. <https://e-dergi.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf;jsessionid=N8HMSkLa9s0pk6ZPhxUkT8iB?dergiKodu=4&cilt=42&sayi=630&sayfa=42&yaziid=27621> (Erişim tarihi: 05.05.2025)
- Elad, Y., & Pertot, I. (2014). Climate change impacts on plant pathogens and plant diseases. *Journal of Crop Improvement*, 28(1), 99–139. <https://doi.org/10.1080/15427528.2014.865412>
- FAO (2019). The state of the world's biodiversity for food and agriculture. In J. Bélanger & D. Pilling (Eds.). *FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments*, Rome, 572 pp. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf> (Erişim tarihi: 14.01.2025)
- Farmonaut, (2024). İklim değişikliğiyle mücadelede sürdürülebilir tarım: Türkiye’de su yönetimi ve modern sulama teknikleri. <https://farmonaut.com/asia/iklim-degisikligiyle-mucadelede-surdurulebilir-tarim-turkiyede-su-yonetimi-ve-modern-sulama-teknikleri/> (Erişim tarihi: 13.01.2025)
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. N., & van Velhuizen, H. (2007). Socio-economic and climate change impacts on agriculture: An integrated assessment, 1990–2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2067–2083. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1744>
- Forrest, J. R. (2015). Plant–pollinator interactions and phenological change: What can we learn about climate impacts from experiments and observations? *Oikos*, 124(1), 4–13. <https://doi.org/10.1111/oik.01386>
- Frankham, R., Ballou, J. D., & Briscoe, D. A. (2002). *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808999>
- Fu, Y. S., Prevéy, J. S., Vitasse, Y., & Vennetier, M. (2022). Plant phenology shifts and their ecological and climatic consequences. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1071266. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1071266>
- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., ... & Godfray, H. C. J. (2013). Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies. *Science*, 341(6141), 33-34. <https://doi.org/10.1126/science.1234485>
- Gilbert, G. S. (2002). Evolutionary ecology of plant diseases in natural ecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 13-43. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.021202.110417>
- Gilbert, G. S., & Parker, I. M. (2016). The evolutionary ecology of plant disease: A phylogenetic perspective. *Annual Review of Phytopathology*, 54, 549–578. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-102313-045959>
- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Hsiao, T. C. (1973). Plant response to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24(1), 519–570. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.24.060173.002511>

- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Janni, M., Maestri, E., Gulli, M., Marmiroli, M., & Marmiroli, N. (2024). Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: A critical review. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1297569>
- Karaman, S., & Gökalp, Z. (2010). Impacts of global warming and climate change over water resources. *Reserach Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 59-66.
- Kardos, M. (2021). Conservation genetics. *Current Biology*, 31(19), R1185–R1190. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.047>
- Khalil, G.A., Ali, M. A., Harhash, M. M., & ELSegieny, A. M. (2022). Impact of super absorbent polymers (hydrogels) on water use parameters of plum trees under water stress conditions. *J. Adv. Agric. Res.*, 27, 791–803. <https://doi.org/10.21608/jalexu.2022.173510.1097>
- Koç, M. (2020). *Bazı üzüm çeşitlerinin kuraklık stresine karşı fizyolojik biyokimyasal ve moleküler tepkileri*. Doktora tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat, 104s.
- Kondratieva, O. V., Fedorov, A. D., Fedorenko, V. F., & Slinko, O. V. (2021). Using digital technologies in horticulture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 723(3), 032033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/3/032033>
- Kumar, R., Berwal, M. K., & Saroj, P. L. (2019). Morphological, physiological, biochemical and molecular facet of drought stress in horticultural crops. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 10(5), 545–560. <https://doi.org/10.23910/ijbsm/2019.10.5.2031>
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623–1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>
- Lesk, C., Coffel, E., Winter, J., Ray, D., Zscheischler, J., Seneviratne, S. I., & Horton, R. (2021). Stronger temperature–moisture couplings exacerbate the impact of climate warming on global crop yields. *Nature Food*, 2(9), 683–691. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00341-6>
- Lesk, C., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2021). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 529(7584), 84–87. <https://doi.org/10.1038/nature16467>
- Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology*, 160(4), 1686–1697. <https://doi.org/10.1104/pp.112.208298>
- Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P., & Naylor, R. L. (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319(5863), 607–610. <https://doi.org/10.1126/science.1152339>
- Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, 333(6042), 616-620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>
- Malik, S., Chaudhary, K., Malik, A., Punia, H., Sewhag, M., Berkesia, N., Nagora, M., Kalia, S., Malik, K., Kumar, D., Kumar, P., Kamboj, E., Ahlawat, V., Kumar, A., & Boora, K. (2023). Superabsorbent polymers as a soil amendment for increasing agriculture production with reducing water losses under water stress condition. *Polymers*, 15(1), 161. <https://doi.org/10.3390/polym15010161>

DERLEME MAKALE

- MGM. (2025a). *2024 Yılı İklim Değerlendirmesi*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, 49s. <https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2024-iklim-raporu.pdf> (Erişim tarihi: 30.09.2025)
- MGM. (2025b). *2024 yılı yağış değerlendirme*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2024yagisdegerlendirmesi.pdf> (Erişim tarihi: 30.09.2025)
- Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and response networks. *Annals of Botany*, 98(4), 493–503. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.11.002>
- Mohanty, S. P., Hughes, D. P., & Salathé, M. (2016). Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1419. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01419>
- Moinina, A., Lahlali, R., & Boulif, M. (2019). Important pests, diseases and weather conditions affecting apple production in Morocco: Current state and perspectives. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(1), 71-87.
- Osorio-Marin, J., Fernandez, E., Vieli, L., Ribera, A., & Luedeling, E. (2024). Climate change impacts on temperate fruit and nut production: a systematic review. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1352169. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1352169>
- Pareek, A., Dhankher, O. P., & Foyer, C. H. (2020). Mitigating the impact of climate change on plant productivity and ecosystem sustainability. *Journal of Experimental Botany*, 71(2), 451–456. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz518>
- Raza, M. M., & Bebbler, D. P. (2022). Climate change and plant pathogens. *Current Opinion in Microbiology*, 70, 102233. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2022.102233>
- Riedo, M., Gyalistras, D., Grub, A., Rosset, M., & Fuhrer, J. (1997). Modelling grassland responses to climate change and elevated CO₂. *Acta Oecologica*, 18(3), 305-311. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(97\)80019-7](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(97)80019-7)
- Schwartz, M. D., & Reiter, B. E. (2000). Changes in North American spring. *International Journal of Climatology*, 20(8), 929–932. [https://doi.org/10.1002/1097-0088\(20000630](https://doi.org/10.1002/1097-0088(20000630)
- Seth, P., & Sebastian, J. (2024). Plants and global warming: Challenges and strategies for a warming world. *Plant Cell Reports*, 43, 27. <https://doi.org/10.1007/s00299-023-03083-w>
- Singh, B.K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E. *et al.* (2023). Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nat Rev Microbiol.*, 21(10), 640–656. <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00900-7>
- Şin, B., & Okçu, Ö. Ü. (2022). İklim değişikliğinin fitopatoloji açısından incelenmesi. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 3(1), 31-39.
- Tang, X., Li, Y., Fang, M., Li, W., Hong, Y., & Li, Y. (2024). Effects of different water storage and fertilizer retention substrates on growth, yield and quality of strawberry. *Agronomy*, 14(1), 205. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010205>
- TÜİK. (2022). *Bitkisel Üretim İstatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249> (Erişim tarihi: 29.09.2025)
- Türkeş, M. (2012). Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1–32. https://doi.org/10.1501/Csaum_00000000063
- Türkoğlu, N., Şensoy, S., & Aydın, O. (2016). Türkiye’de iklim değişikliğinin elma, kiraz ve buğdayın fenolojik dönemlerine etkileri. *International Journal of Human Sciences*, 13(1), 1036–1057. <https://doi.org/10.14687/ijhs.v13i1.3464>

DERLEME MAKALE

- TZOB. (2021). Bayraktar, "TZOB 2020-2021 Tarımsal Üretim Dönemi Kuraklık Risk Tahmin Raporu"nu açıkladı. <https://www.tzob.org.tr/bayraktar-tzob-2020-2021-tarimsal-uretim-donemi-kuraklik-risk-tahmin-raporunu-acikladi/> (Erişim tarihi:30.09.2025)
- Uslu, H. (2021). İklim değişikliğinin tarımsal faaliyetler üzerindeki etkisi: Bahçecilik sektörü üzerine ampirik bir çalışma. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 38, 458-485. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.923253>
- Usta, S. (2024). Van koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan elma ağaçları için teorik bitki su tüketimine dayalı sulama programının oluşturulması. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 39(2), 311–332. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1431627>
- Uzunoğlu, F., Bayazit, S., & Mavi, K. (2016). Küresel iklim değişikliğinin süs bitkileri yetiştiriciliğine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 66-75.
- van der Heijden, M. G. A., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A., & Sanders, I. R. (2008). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability, and productivity. *Nature*, 458(7241), 1107–1111. <https://doi.org/10.1038/23932>
- Visser, M. E., & Holleman, L. J. M. (2001). Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1464), 289–294. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1363>
- Wang, X., Li, D., Tan, X., Cai, C., Zhang, X., Shen, Z., Yang, A., Fu, X., & Liu, D. (2023). CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of two homoeoalleles in tobacco confers resistance to powdery mildew. *Euphytica*, 219(6), 67. <https://doi.org/10.1007/s10681-023-03196-z>
- Wheeler, T., & von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*, 341(6145), 508–513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>
- Yavaş, İ., & Ünay, A. (2018). Küresel iklim değişikliğinin fotosentez üzerine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 95-99. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.410790>
- Zhang, S., Zhang, J., Yue, T., & Jing, X. (2019). Impacts of climate change on urban rainwater harvesting systems. *Science of the Total Environment*, 665, 262-274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.135>
- Zhang Y, Li D, Zhang D, Zhao X, Cao X, Dong L, Liu J, Chen K, Zhang H, Gao C., & et al. (2018). Analysis of the functions of TaGW2 homoeologs in wheat grain weight and protein content traits. *Plant J.*, 94(5), 857–866. <https://doi.org/10.1111/tpj.13903>
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., & et al. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(35), 9326-9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>
- Ziska, L. H., Bunce, J. A., & Tomecek, M. B. (2011). Climate change, carbon dioxide, and pest biology: Monitor to manage. *Journal of Pest Science*, 84(1), 395–399. <https://doi.org/10.1021/jf506101h>