BAHÇE 51 (Özel Sayı 1): 310–321 (2022)
ISSN: 1300-8943 e-ISSN: 2791-6375

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEBZE ÜRETİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ VE BUNA KARŞI ADAPTASYON STRATEJİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Aygül DAYAN[1]*, Ceren Ayşe BAYRAM[2]

[1]Öğr. Gör. Dr., Çukurova Üniversitesi Pozantı MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Adana; ORCID: 0000-0002-4946-7299
[2]Dr. Öğr. Üyesi, Adıyaman Üniversitesi Kahta MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Böl., Adıyaman; ORCID: 0000-0002-1570-273X

ÖZ

İklim değişikliğinin 1800'lü yıllarda gündeme geldiği, günümüzün en önemli araştırma konuları arasında yer aldığı, doğal olaylardan daha çok insan faaliyetleri sonucunda meydana geldiği birçok bilimsel kaynakta belirtilmektedir. Böylece hem ulusal hem de uluslararası çerçevede iklim değişikliğinin günümüzde ve gelecekte olası etkileri ve bu etkilere karşı alınabilecek önlemlerle ilgili olarak birtakım mevzuatlar oluşturulmuştur. İklim değişikliğine bağlı olarak küresel ısınmanın şüphesiz etkileyeceği en önemli alanlar arasında tarımsal uygulamalar gelmektedir. Türkiye tarımsal üretimi içerisinde 30 milyon 869 bin tonluk sebze üretimi ile dünyada dördüncü sırada yer almaktadır. Sebzeler, insan beslenmesi için oldukça önemli olup bahçe tarımı içerisinde geniş potansiyeli olan ürün grubunu içermektedir. İklim değişikliği sonucunda, biyotik ve abiyotik stres faktörlerinden kaynaklı bitkide fizyolojik faaliyetleri de büyük ölçüde etkileyeceği ön görülmektedir. Bundan dolayı da sebze üretiminde, verim ve kalitede düşüşlerin beklendiği, farklı literatürlerde yer almaktadır. Bu derlemede iklim değişikliği kapsamında sebze üretimini kısıtlayıp üretimi doğrudan tehdit edebilecek CO_2, CH_4 gibi gazların artmasından kaynaklı biyotik ve abiyotik faktörlerin bitki fizyolojisi üzerine etkileri ve söz konusu tehditlere karşı alınabilecek önlemler değerlendirilmiştir. Aynı zamanda, iklim değişikliğine bağlı olarak sebze üretimindeki değişikliklerle beraber bu duruma uyum stratejilerini içeren çoğunlukla güncel (2010-2022) bilimsel çalışmaları özetleyerek sürdürülebilir sebze üretimi sorunlarına farklı görüşler derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Küresel ısınma, sebze üretimi, uyum, yöntem

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON VEGETABLE PRODUCTION AND EVALUATION OF ADAPTATION STRATEGIES

ABSTRACT

Climate change came to the fore in the 1800s, is among the most important research topics of today has been pointed out in many scientific sources, and that it occurs as a result of human activities rather than natural events. Thus, a number of legislations have been established regarding the possible effects of climate change today and in the future, and the measures that can be taken against these effects, both nationally and internationally. Agricultural practices are among the most important parts that will undoubtedly be affected by global warming due to climate change. Turkey ranks fourth in the world with 30 million 869 thousand tonne of vegetable production. Vegetables are very important for human nutrition and include a large potential product group in horticulture. As a result of climate change, it is predicted that biotic and abiotic stress factors will greatly affect the physiological activities of the plant. Therefore, it is pointed in different literatures that decreases in yield and quality are expected in vegetable production. In this review, the effects of biotic and abiotic factors on plant physiology caused by the increase of gases such as CO_2, CH_4, which may limit vegetable production and directly threaten production within the scope of climate change, and the measures that can be taken against these threats are evaluated. Thus, by summarizing mainly current (2010-2022) scientific studies, which include changes in vegetable production due to climate change, as well as adaptation strategies to this situation, different views on the problems of sustainable vegetable production have been compiled.

Keywords: Global warming, vegetable production, adaptation, method

GİRİŞ

İklim değişikliğinin en büyük etkisi küresel ısınma olarak ortaya çıkarken, dünyada iklim değişikliği ile ilgili en önemli konuların başında da sıcaklık artışı ve sera gazlarının etkileri gelmektedir. Söz konusu değişikliğin etkileri olarak, son yıllarda gerçekleşen kuraklık, yangın ve aşırı yağış gibi faktörler sıralanabilmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı iklim değişikliği ve tarım değerlendirme raporuna [79] göre dünyada iklim değişikliğinden en çok etkilenmesi beklenen bölgelerden Akdeniz Havzası'nda yer alan Türkiye'de kuraklığın geniş bölgelerde hissedileceği ve aşırı sıcak günlerin sayısının artacağı öngörüldüğü belirtilmektedir.

*Sorumlu yazar / *Corresponding author*: adayan@cu.edu.tr

Türkiye'de risk altında olan ülkeler arasındadır [88]. 2040'lı yıllardan itibaren özellikle yaz dönemi sıcaklıklarında 3°C ile 5°C arasında artışlar yaşanabileceği öngörülmektedir. Güneydoğu, Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nde hava sıcaklığı artışı en fazla yaz aylarında yaşanacak ve 2100'lere doğru, 4-7°C'lik artışlar gözlenebilecektir. Karadeniz kıyıları hariç tüm Türkiye'de yıllık toplam yağışlarda 75 mm-250 mm arasında azalışlar yaşanması beklenmektedir [86]. Bu durum ekosistemdeki tüm canlıların yaşamalarını tehdit ederken, ekolojik bir sorun olan iklim değişikliği ile hem günümüzde hem de gelecekte karşılaşacağımızı düşünerek tarımsal üretimde mutlaka önlem alınması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı iklim değişikliğine bağlı olarak sebze üretimindeki olası değişikliklere değinmekle birlikte iklim değişikliğine uyum stratejilerini açıklayan ve çoğunlukla 2010-2022 yılları arasındaki ulusal ve uluslararası bilimsel çalışmaları inceleyerek, sebze üretimindeki beklenen sorunlara karşı belirlenen ve sürdürülebilir farklı çözümleri özetleyerek derlemektir. Bu kapsamda derlemede 7 ana başlık bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla; İklim Değişikliği ve Güncel Durumu, İklim Değişikliğinin Tarım Üzerine Etkileri, Dünya'da ve Türkiye'de Sebze Üretim Durumu, İklim Değişikliğinin Sebze Üretimi Açısından Ön Görülen Tehditleri, Sebze Yetiştiriciliğinde Biyotik ve Abiyotik Tehditleri Sonucunda Ön Görülen Fizyolojik Durumlar, Karşı Adaptasyon Stratejilerinin Değerlendirilmesi ve son olarak Sonuç ve Önerilerdir.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TANIMI VE GÜNCEL DURUMU

İklim, meteorolojik olayların (sıcaklık nem, yağış, basınç ve rüzgâr) belirli bir zaman içerisinde oluşturduğu ortalaması olarak tanımlanabilmektedir. İklim değişikliği için iki farklı tanım söz konusudur. İlki, belli bir bölgede yağış oranı ve sıcaklık seviyesi gibi hava olaylarında uzun bir süre boyunca görülen ve istatistiksel olarak anlamlı değişimleri olarak tanımlanmaktadır [86]. Bir diğeri ise fosil yakıtların kullanımı, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaştırma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleriyle atmosfere salınan sera gazları birikimlerindeki hızlı artışın doğal sera etkisini kuvvetlendirmesi sonucunda yerkürenin ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artıştır [85].

Küresel ısınma; karbondioksit ve diğer sera gazlarının, dünya atmosferinde kimyasal dengesini değiştirdiğini ve [28] büyük oranda insanların çevre ile etkileşiminin bir sonucu olarak ortaya çıktığı ayrıca yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının atmosferde biriken sera gazlarının etkisine bağlı olarak yeniden atmosferin üst kısımlarına dengeli bir şekilde yansıtılamaması sonucunda alt katmanlarda sera etkisinin oluşması olarak bilinmektedir [34, 7].

Canlıların yaşamlarını devam ettirmeleri için gerekli en önemli kaynak sudur. Günümüzde küresel ısınma ile su kaynaklarının giderek azalması ile temel yaşam sürdürülebilirliğini de engelleyecek noktaya ulaşmıştır [37]. Bu da tarımsal üretim sıkıntılarını oluşturmaktadır. Su, ekosistemde ekolojik dengenin oluşturulmasını sağlayan en önemli faktörlerden biridir. Ekolojik dengenin korunması ve insan topluluklarının sürdürülebilir gelişiminin sağlanması için, su kaynaklarının bugün ve gelecekteki gereksinimleri karşılayabilecek en akılcı şekilde kullanılması gerekmektedir.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIMSAL ÜRETİME ETKİLERİ

Tarımın sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi kapsamında tohum ve tohumluğun yanında toprak, su, yağış, sıcaklık, ışık gibi ekolojik faktörler yer almaktadır. Türkiye'nin 2021 yılında yayınlamış olduğu küresel ısınma raporuna göre, Akdeniz Havzası'nın büyük bölümünde ürün veriminde azalma ve hayvancılık için artan bir risk öngörüldüğü bildirilmiştir. İklim projeksiyonları, Avrupa'nın çoğunun küresel ortalamadan daha yüksek düzeyde ısınma yaşayacağını göstermektedir [79]. Sıcaklık artışları ve toprağın derin işlenmesi, topraktaki bozulma hızını artırmaktadır. Bu durumda erozyon tehlikesi artmakta ve toprak verimliliği de azalmaktadır. Yapılan araştırmalara göre Türkiye'nin toprak verimliliği son 10 yılda %23 azalmıştır [79]. Toprak verimliliğinin azalmasıyla birlikte topraktaki organik yapı zayıflamakta ve dolayısıyla bitki besin elementlerinde azalmalar görülmektedir. Besin maddelerindeki azalma ise daha fazla kimyasal gübre kullanımı ile telafi edilmeye çalışılmakta olup bu durum nitrat kirliliğine ve atmosfere, bir sera gazı olan N_2O emisyonu salınımına sebep olmaktadır [79]. İklim değişikliği nedeniyle; Su döngüsünde değişimler, yüksek hava sıcaklıklarının su miktarını ve kalitesini etkilemesi, deniz seviyesi yüksekliğinin, nehir ağzı ve kıyı yeraltı sularının tuzlanmasına yol açması, bu nedenle kıyı alanlarında insanların ve ekosistemlerin tatlı suya erişiminin azalması söz konusudur. Artan sıcaklık ve azalan yağış nedeniyle, kuraklık olaylarının şiddet, sıklık ve süresinde artış beklenmektedir. Artan iklim değişikliği doğal bitki örtüsünde de değişiklilere neden olmaktadır. Bu durumun ülkemizde de, özellikle bozkır alanlarının genişlemesine ve mera alanlarının azalmasına neden olabileceği değerlendirilmektedir [79].

İklim değişikliğinin, tarımsal ürün verimliliği, ürün deseni, azalan su kaynakları, artan sıcaklık ve gıda güvenliği konuları üzerinde etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle günümüzde tarım sektöründe, değişen iklim şartlarına uyumun sağlanmasına yönelik yeni tarımsal yaklaşımlar kullanılmaktadır.

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SEBZE ÜRETİMİ

Sebzeler, karotenoid, diyet lif, besleyici olmayan biyoaktif bileşenler (polifenol gibi fitokimyasallar), folik asit vitaminler, yağ asitleri, mineraller açısından zengin bir kaynak teşkil etmektedir. Bundan dolayı da koruyucu gıda olarak isimlendirilmektedir [49, 42, 65]. Dünyanın ve Türkiye'nin 2019-2020 yılına ait toplam sebze üretim miktarları incelendiğinde, 2020 yılında bir önceki yıla göre bir artış olmuştur (Çizelge 1) [27, 84].

Çizelge 1. Dünyada ve Türkiye'de 2019 ve 2020 yıllarına ait sebze üretim miktarı

Table 1. Vegetable production amount for 2019 and 2020 in the world and in Turkey

Üretim Yeri *Place of production*	Üretim yılı *Year of production*	Üretim miktarı (ton) *Amount of production (tonne)*
Dünya	2019	1.129.672.958
	2020	1.148.446.252
Türkiye	2019	31.100.000
	2020	31.200.000

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEBZE ÜRETİMİ AÇISINDAN ÖN GÖRÜLEN TEHDİTLER

Söz konusu tehditler için yapmış olduğumuz literatür taramalarımız sonucunda; sebze üretimini tehdit edebilecek faktörler "biyotik" ve "abiyotik" olarak iki ayrı başlık altında değerlendirilmiştir.

Biyotik Tehditler

İklim değişikliğinin, patojenlerin yayılmasını, yeni böcek ve/veya zararlı türlerinin, mantar, bakteri ve virüs hastalıklarının evrimini teşvik ettiğini vurgulanmıştır [23]. Sıcaklığın, tarımdaki zararlı baskısı artışında önemli bir rolü olduğu öne sürülmekle birlikte mevcut eğilimlerin devam etmesi durumunda, birçok önemli üretim yapan ülkelerde, yüzyılın ortasına kadar zararlıların sayıca artacağı tahmin edilmektedir [50, 9, 10]. Ayrıca artan sıcaklık, sebzelerin olgunlaşmasına etki ederek, yüzeylerinde doğal olarak bulunan mikroorganizmaların yaşam döngülerinde bir değişikliğe neden olabilecektir. Bu mikroorganizmaların iklim değişikliğinin üründe meydana getirebileceği herhangi bir metabolik değişiklikten (örneğin pH veya şeker içeriğindeki değişiklikler) etkileneceği de belirtilmektedir. Bu organizmaların çoğu, ürünün kalitesine zararlı olan mikroorganizmalara potansiyel olarak koruma veya rekabet sağlayabilir [11]. Stres koşullarına maruz kalan kültür bitkilerinin patojenlere karşı daha duyarlı olacağı belirtilmiştir [20].

Sıcaklığın artmasıyla birlikte yağışlardaki artış, belirli bakteri ve mantar patojenlerinin gelişimini arttıracağı ön görülmektedir [23]. Örneğin sebzelerde, *Colletotrichum* spp.'nin neden olduğu antraknoz gibi mantar hastalıklarının şiddetinin artması örnek verilebilir [82, 52]. Bakteri ve mantar patojenlerinin yanı sıra virüs hastalıklarının yayılmasında, vektör olan beyazsinek (*Bemisia tabaci*) biyotiplerinin hızla çoğalmasına neden olacaktır [30]. Beyazsinekler, dünya çapında domates üretimi için büyük bir kısıtlama olan domates yaprak kıvrılma hastalığının ana vektörüdür. Pospiviroidler yaklaşık 25°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çoğalırlar ve daha düşük sıcaklıklarda inhibe olurlar. Bu nedenle artan sıcaklıklar, domates ve biber gibi başlıca sebze mahsullerinde viroidlerin görülme sıklığına da neden olabilir. Viroidler tohumlarla bulaşabildiğinden germplazm değişimi söz konusu olduğunda ciddi bir tehdit potansiyeli oluşturacağı vurgulanmıştır [24].

Sebze zararlılarının sıcaklığın artması veya azalması, CO_2 seviyesinin artması gibi değişen iklim koşullarına karşı tepki verme şekilleri değişebileceği, yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur. Nitekim bu doğrultuda, "iklim değişikliğiyle ilişkili artan CO_2, bitki böcek zararlılarının ve patojenlerinin dağılımını, sayısını ve performansını" etkileyebileceği bildirilmiştir [16].

Artan sıcaklıklarda, *Puccinia striiformis* f.sp. tritici, yaşam döngüsü sınırlı olacakken atmosferik CO_2'in artması, *Fusarium pseudograminearum* gibi patojenler için daha uygun koşullar sağlayabileceği öne sürülmüştür [44]. Bu bağlamda, nematod ile enfekte olmuş bitkilerin savunma genleri, ikincil metabolitler ve uçucu organik bileşikler açısından indüklenen savunmasının yüksek CO_2'den etkilenebileceğini ve CO_2'nin neden olduğu bitki direnci değişiklikleri, bitkilerin yüksek CO_2 altında nematodlara genotipe özgü tepkilerine yol açabileceğini tespit etmişlerdir [74]. Bunun yanı sıra bazı iklim değişikliği etkileri böcek popülasyonlarını baskılama eğiliminde olsa da ılıman iklimdeki daha yüksek sıcaklık, daha fazla tür ve daha fazla böcek popülasyonu ile sonuçlanacağı belirtilmiştir [42]. İstilacı türler ve üreme ve yayılma yetenekleri yüksek olan türler, değişken iklim koşullarına kolayca uyum sağlayabilecektir. Örneğin domates güvesi (*Tuta absoluta*) dünya çapında hızla yayılabileceği belirtilmiştir [21]. Artan sıcaklıklar böcek

zararlılarının üreme oranını artırabilirken, çok yüksek sıcaklıklar ise azaltabilir. Örneğin 35°C'lik sabit sıcaklıklar *Aphis gossypii*'nin olgunlaşmamış evreleri için öldürücü olabilirken [67], daha yüksek sıcaklıklar (40-46.5°C) ısı şoku uygulamaları bakla delicilerine (*Helicoverpa armigera*) zarar vermiştir [47]. Artan CO_2 koşulları, pamuk yaprak kurdu (*Spodoptera litura*) maş fasulyesi bitkilerinde beslenmesini artırdığı belirtilmiştir [73]. Yeşil şeftali yaprak bitinin (*Myzus persicae*) lahana grubu (*Brassica oleracea*) bitkilerinde yüksek CO_2 altında üremesi önemli ölçüde hızlandığı tespit edilmiştir [12].

ABİYOTİK TEHDİTLER

Abiyotik stres kaynakları arasında, sıcaklık (yüksek/düşük), toprak tuzluluğu, kuraklık, nem, hava kirliliği, UV (Ultraviyole) radyasyon gibi faktörler yar almaktadır [42]. Sebze yetiştiriciliğinde vejetatif büyüme, çiçeklenme ve meyve verme gibi farklı gelişme dönemleri, söz konusu abiyotik faktörlerden önemli ölçüde etkilenmektedir [72].

Yüksek sıcaklık

Sürekli yüksek sıcaklık bitkide tohum çimlenmesini, bitki büyümesini, çiçek dökülmesini, polen canlılığını, döllenmeyi, meyve tutumu, meyve boyutunu, meyve ağırlığını, meyve kalitesini vb. etkileyen bir dizi morfo-anatomik değişikliğe neden olduğu belirtilmiştir [42]. Günlük ortalama maksimum ve minimum sıcaklıktaki dalgalanmalar, birçok fizyolojik, biyokimyasal ve metabolik aktivite sıcaklığa bağlı olduğundan, sebze üretimini olumsuz etkileyen iklim değişikliğinin birincil etki olduğu ileri sürülmüştür [8]. Bunun yanı sıra araştırmalar, taze meyve ve sebze ürünlerinin, üretim ve kalitesinin, yüksek sıcaklıklardan ve yüksek seviyelerde karbondioksit ve ozona maruz kalmaktan doğrudan ve dolaylı olarak etkilenebileceğini göstermiştir. Sıcaklık artışının fotosentezi doğrudan etkileyerek şekerlerde, organik asitlerde, flavonoid içeriğinde, meyve sertliğinde ve antioksidan aktivitede değişikliklere neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca atmosferdeki karbondioksit birikimi ile hasat sonrası kaliteyi etkilediği, yumruda yaygın kabuklanma oluşumuna ve patateslerde indirgeyici şeker içeriğinde değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir [48]. Yüksek sıcaklıklar üreme gelişimini iki şekilde etkiler ve her ikisi de verimi potansiyel olarak azaltır. İlk olarak, üreme gelişme hızı hızlandırılır, bu da meyve olgunlaşma süresini kısaltarak meyve verimini azaltır [55, 42]. Örneğin domates yüksek sıcaklıklarda meyve tutumunun azalması sonucunda daha küçük boyutta ve daha düşük kaliteli meyvelerin oluşması nedeniyle önemli verim kayıplarına neden olabilmektedir [75]. Bir diğeri ise sıcaklık nedeniyle çiçek ve meyve gelişimindeki başarısızlık, kuru maddenin meyve ve vejetatif bitki kısımları arasındaki dağılımını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemesindendir Bamyada yüksek sıcaklıklar, tohumların zayıf çimlenmesine neden olmaktadır [42]. Biberde oluşan yüksek sıcaklıklar antesis dönemine denk gelirse stamen veya pistil canlılığını etkilemediği ancak tozlanma sonrasında oluşan yüksek sıcaklıklar, meyve tutumunu engellediği tespit edilmiştir [26].

Sıcak ve nemli iklim, bazı sebzelerde vejetatif büyümeyi teşvik ettiği fakat söz konusu faktörlerden kaynaklı kabakgillerin dişi çiçeklerinin oluşumunun azaldığı ve bundan dolayı da düşük verime neden olduğu belirtilmiştir [70].

Düşük sıcaklıklar

Düşük sıcaklığın sebzelerde, meyvede şekil bozukluğuna, şekilsiz çekirdeksiz meyve oluşumuna, perikarp çatlamasına, pigmentasyona (biber ve domates gibi) neden olduğu araştırmacılar tarafından ileri sürülmüştür [63, 59, 5]. Düşük gece sıcaklıkları (14°C veya daha düşük), çiçek başına polen tane sayısını azalmasına, çimlenme yeteneklerinin bozulmasına, tatlı biberde meyve tutumunu ve meyve şeklini etkilediği belirtilmiştir. Özellikle düşük sıcaklık yüksek nem ile birleştiğinde polen salınımı engellediği de araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır [58, 63]. Düşük sıcaklığın etkilerine ilaveten, olgunlaşma sırasında leke oluşumuna, şeker içeriğinin azalmasına bağlı tadın bozulmasına, bitkisel ürünlerin organoleptik özelliklerini de doğrudan etkilediği araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir, örneğin domateste [63, 42]. Son olarak da düşük sıcaklığın tilakoid elektron taşınması, karbon indirgeme döngüleri ve stoma iletkenliğinin kontrolü dahil olmak üzere fotosentezin tüm ana bileşenlerini yok edebileceği bazı araştırıcılar tarafından gözlemlenmiştir [71, 91].

Kuraklık

Kuraklık meteorolojik bir terim olmakla birlikte genellikle önemli yağışların olmadığı dönem olarak tanımlanır. Topraktaki mevcut su azaldığında ve atmosferik koşullar nedeniyle terleme veya buharlaşma yoluyla sürekli su kaybı sonucunda ortaya çıkar [42]. Şiddetli su stresi fotosentezin durmasına, metabolizmanın bozulmasına ve sonunda bitkinin ölümüne neden olabilir [33]. Kuraklık stresinin çimlenen tohumların kotiledonları için çok önemli olduğu tespit edilmiştir [22]. Yüksek tuzluluk seviyelerinin, ürünlerin fenolojik dönemlerinde birçok olumsuz etkisi vardır. Örneğin bamyanın

morfolojik fizyolojisi ve metabolizması, çeşitli enzimlerin aktiviteleri de dahil olmak üzere, yüksek tuzluluk seviyeleri nedeniyle olumsuz etkilendiği ve verimin azaldığı belirtilmiştir [2]. Tuzlulukla birlikte sıcaklık koşularının olması durumunda, patatesin genç genişleyen yapraklarında tuz birikimini önleme mekanizmasının zarar görmesi nedeniyle yaprak alanında azalmaya bağlı olarak vejetatif büyümede zayıflama gözlemlenmiştir [14].

Su Baskınları

Su baskınlarının oluşturduğu en önemli hasar, oksijen yoksunluğudur. Bu durum, besin ve su alımını etkiler, bu nedenle bitkiler aşırı su ile çevrili olsalar bile solma gösterirler. Oksijen eksikliği, enerji metabolizmasını aerobik durumdan anaerobik duruma kaydırdığı vurgulanmıştır [64]. Oksijensizliğe duyarlı bitkilerde aerenkima oluşmamakta ve havasız koşullarda uzun süre yaşamaları imkânsız hale gelmektedir. Bitkilerde etil alkol miktarının artması havasızlığın en önemli belirtisidir. Bu koşullara duyarlı bitkilerde absisik asit (ABA) ve etilen miktarı hızla artmakta, yapraklardaki stomalar kapanmakta, yapraklar aşağı doğru bükülüp sarkmaktadır [36]. Su baskını meydana geldiği zamanda hava sıcaklığı düşük ve bitkilerin büyüme hızı düşük ise hasar daha az olurken, hava sıcaklığının yüksek (20°C'den yüksek sıcaklıklarda toprak suyundaki oksijen bitki kökleri, toprak faunası ve mikroorganizmalar tarafından 24 saat gibi kısa süre içerisinde tüketilir) ve bitki büyümesinin hızlı olduğu dönemde daha fazla olduğu belirtilmiştir [78]. Dolayısıyla su baskınının zamanı ve süresi bitki yetiştiriciliği açısından çok önem arz etmektedir.

Hava kirleticiler ve UV radyasyonu

SO_2, O_3, asit yağmuru vb. hava kirleticileri bitki dokusunu ve patojenleri doğrudan etkiler. 50-100 ppb gibi daha düşük konsantrasyonlardaki hava kirleticileri, predispozan ajan olarak hareket edebilir ve bitki hastalıklarını şiddetlendirebilir. UV ışınlarının genel zararlı etkiler; aktif oksijen türevlerinin üretimini, serbest radikalleri ve DNA (Deoksiribo nükleik asit) hasarını ve bitkiler için fotosentezin kısmi engellenmesini içermektedir. Moleküler düzeyde UV radyasyonu, organizmalar için ölümcül rol oynamaktadır. Bir fotonun bir moleküle çarpması organizmaya çeşitli zararlar verebilmektedir. UV radyasyonunun bilinen en yaygın DNA hasarı "siklobütan primidin dimeri" ve "(6-4) foto-ürün" olan primidin adüksiyonlarıdır. Bu hasar, aynı zincirdeki komşu pirimidinleri birleştirerek DNA'nın heliks yapısını bozmaktadır. Ancak organizma sahip olduğu fotoliyaz enzimi yardımıyla uygun sıcaklıkta hasarı etkin bir şekilde onarabilmektedir. Buna rağmen, UV radyasyonunun organizma üzerindeki nüfuzu ve düşük sıcaklık bu onarımı engelleyebilmekte veya yavaşlatabilmekte dir. Bazı bitkiler, söz konusu hasar ve onarım dengesinden yoksundurlar [39]. Domates, lahana, patates ve şeker pancarı gibi sebzeler UV ışınlarına diğerlerine göre daha duyarlıdır [56]. Domatesin daha yüksek seviyede UV-B'ye maruz kalması; kuru ağırlığı, yaprak alanını ve bitki boyunu önemli ölçüde azaltır. Ayrıca fotosentetik alanı azaltarak domates büyümesine engel olmaktadır [31].

Tuzluluk

Tuzluluk, tüm dünyada ürün üretimini etkileyen önemli sorunlardan biri olduğunu bilinmektedir [45]. Dünyadaki ekili alanların %20'si ve sulanan arazilerin %33'ü tuzdan etkilenmiş ve bozulmuştur. Bunun nedenleri arasında, iklim değişikliği, yeraltı suyunun aşırı kullanımı (esas olarak denize yakınsa), artan sulamada düşük kaliteli su kullanımı ve yoğun sulama ile bağlantılı olarak büyük miktarda sulama yapılması yer almaktadır. Aşırı toprak tuzluluğu, özellikle hassas olan çoğu sebze de dahil olmak üzere bitkinin ontogeni boyunca birçok tarımsal ürünün verimliliğini azaltır. Sebze ürünlerinin genelinde tuzluluk eşiği (EC) düşüktür (doymuş toprakta 1 ila 2.5 dS m^{-1} arasında değişir). Sebzelerde sulama amacıyla tuzlu su kullanıldığında sebzelerin tuz toleransı azalır. Tuzluluk etmenleri, toprağın ozmotik potansiyeli, bitki beslenme dengesizliği, özel iyon etkisi ve söz konusu bu etmenlerin kombinasyonları bitki gelişimine olumsuz yönde etki etmektedir [83].

SEBZE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİYOTİK VE ABİYOTİK TEHDİTLER SONUCUNDA ÖN GÖRÜLEN FİZYOLOJİK DURUMLAR

Sıcaklığın, diğer biyotik ve abiyotik faktörlerin tek başlarına veya kombinasyonları halinde sebzelerde fotosentez, büyüme oranları, transpirasyon, tohum çimlenmesi, çiçeklenme, üreme gelişimi, kalite gibi fizyolojik olayları üzerine etkileri söz konusudur. Sıcaklık artışının gündüz ile gece ve yaz ile kış arasında eşit olarak dağılmayabileceği tahmin edilmektedir [55]. Çoğu teori, model ve gözlem, gece sıcaklığı minimumlarının gündüz maksimumlarından daha fazla artacağını öne sürmektedir [38].

Fotosentez

Fotosentezdeki tüm biyokimyasal reaksiyonlar sıcaklıktan etkilenir. Düşük sıcaklıklar kloroplasttaki kullanılabilir fosfat tarafından fotosentez sınırlandırılmaktadır. Bu durumda nişasta ve sakkaroz sentezi hızla düşer [78]. Fotosentezde

mezofil hücrelerine CO_2 iletimi hücrenin duvar kalınlığı, kloroplast dağılımı, hücrenin yüzey alanı gibi anatomik faktörlere [81], karbonik anhidrazlar veya aquaporin gibi biyokimyasal özelliklere bağlıdır [32]. Bunlara ilaveten CO_2 konsantrasyonu, sıcaklık, besin elementlerinin varlığı ve stres gibi çevresel faktörler de etki etmektedir [29]. Sıcaklığın artmasının yanı sıra atmosferdeki CO_2'in artması sonucunda sebze üretimi üzerindeki etkisi çoğunlukla faydalı olabileceği [51] fakat ürün iç kalitesini değiştirebilir veya fotosentezin azalmasına neden olabileceği vurgulanmıştır [13]. Örneğin domateste erken ilkbaharda, yüksek CO_2 ve yüksek yoğunluktaki ışığın sonucunda fotosentezin fotoinhibisyonu nedeniyle genç domates bitkileri üzerinde olumsuz etkiler gösterdiği gözlemlenmiştir [80].

Transpirasyon (Terleme)

Transpirasyon, artan sıcaklıklardan ve CO_2'den büyük ölçüde etkilenmektedir. Transpirasyon evaporatif soğutma sağlar ki bu da fazla miktarda CO_2 olması durumunda, stomaların kapanması kısmen azalır bunun sonucunda sebze yapraklarındaki sıcaklığın artmasına neden olabilir. Neticede yüksek CO_2, su kullanımını azaltabilir ama bazı sebze türlerinde sıcaklık stresine karşı daha da savunmasız hale gelebilmeleri söz konusudur [13]. Örneğin hıyarda stoma iletkenliği, 1200 ppm CO_2'lik [3] atmosferik seviyelerde bile değişmezken, bazı turp çeşitlerinde 650 ppm'e uzun bir süre maruz kaldıktan sonra değişkenlik göstermiştir [17]. Bu da sebze türlerinin farklı reaksiyon gösterdiklerini ifade etmektedir [13]. İklim değişikliği sonucunda, sıcaklığın yükselmesi durumunda transpirasyonun artmasına, CO_2'in atması durumunda ise transpirasyonun azalması gibi tutarsız fizyolojik durumlar oluşacağı ileri sürülmüştür [13].

Çiçeklenme

Kış sıcaklıklarında, yaz sıcaklıklarına daha büyük bir artış olması yaz sıcağı stresi potansiyelini azaltabileceği ancak bazı ürünler için vernalizasyon eksikliğine (düşük sıcaklıklar yoluyla çiçeklenme indüksiyonu) yol açabileceğine dair görüşler yer almaktadır. Aynı çalışmada lahana, kereviz ve soğanda çiçeklenme, kış sıcaklıkları, gün uzunluğu, fide yaşı ve beslenme durumu arasındaki interaksiyonlardan etkilendiği belirtilmektedir. Yüksek sıcaklıkların, kısa gün fotoperiyodu gereksinimini arttırdığından dolayı fasulyede çiçeklenmeyi geciktireceğini vurgulamıştır [18]. Bir başka çalışmada, hıyarda yüksek sıcaklıktan dolayı çiçek cinsiyeti dağılımını etkilendiği, düşük sıcaklıkların daha çok dişi çiçek üretimine, yüksek sıcaklıkların ise daha çok erkek çiçek üretimine yol açacağı belirtilmiştir [90]. Marul ve ıspanakta (*Spinacia oleracea* L.) yüksek sıcaklıklar ve uzun günler çiçeklenmeyi teşvik eder. Sapa kalkma olayı başladığında ürün kalitesi önemli ölçüde düşer. Yine kerevizde iki yıllık bir sebze türü olup, üretimin ikinci yılında tohum üretmek için soğuk bir döneme ihtiyacı vardır. Tohum gelişimi sırasındaki yüksek sıcaklıkların tohum kalitesini düşürebileceği belirtilmiştir [55].

Üreme gelişimi

Yüksek sıcaklık, üreme gelişimini iki şekilde etkiler ve her ikisi de verimi potansiyel olarak azaltır. İlk olarak, üreme gelişimi hızlanır, meyve olgunlaşma süresini kısaltır [55, 42]. Bunun sonucunda, daha düşük meyve ağırlıkları ve bazı durumlarda meyvedeki çözünür katı madde konsantrasyonlarının azalması meydana gelir. Bir diğer etki ise, birçok ürünün, optimum sıcaklığın, sadece birkaç derece üzerindeki sıcaklıklarda üreme olayını kendi kendine önleyebildiği belirtilmiştir [55]. Genel olarak, antesis (çiçek tomurcuğu çiçeklerinin açılmasından önce) öncesi oluşan stres, polen stigmaya ulaştıktan sonra oluşan strese göre daha zararlı olmaktadır [54]. Üreme gelişiminin özellikle yüksek sıcaklıklara duyarlı olan sebzelerde (fasulye, börülce, bezelye gibi) daha çok etki yaptığı tespit edilmiştir [55].

Ürün kalitesi

Küresel ısınmanın sebzelerde, tohum ve meyve büyüklüğünün azalmasına, meyve renginin azalmasına, şeker içeriğinin, makro element, mikro element besin içeriklerinin ayrıca likopen, karoten gibi kimyasal bileşiklerin de azalmasına neden olacağı fakat antioksidant (antosiyanin, flavonoidler, fenoller, glikozinolatlar), tokoferol (E vitamini) gibi biyokimyasal içeriklerinin ise artacağı belirtilmiştir [13].

Küresel ısınmanın yukarıda belirtilen etkilerine istinaden bazı durumlarda örneğin, daha uzun büyüme mevsimleri, çoklu ürün yetiştiriciliği, daha iyi tohum çimlenmesi ve daha hızlı ürün büyümesi gibi olumlu etkilerinin de olabileceği fakat bu olumlu etkilerin daha yüksek enlemlerdeki bölgelerde geçici faydalar sağlayacağı belirtilmiştir [60]. Aynı araştırıcıların çalışmasından, küresel ısınmanın hem olumlu hem de olumsuz etkilerinin özeti Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. Küresel ısınma sonucunda öngörülen olumlu ve olumsuz etkiler
Table 2. Positive and negative effects predicted as a result of global warming

Olumlu etkiler / *Positive effects*	Olumsuz etkiler / *Negative effects*	
Sıcaklık artışından kaynaklı verim artışı	Aşırı sıcaktan kaynaklı ürün hasarı	Nem stresi artışı
CO_2'in artmasına bağlı verim artışı	Böcek istilalarında artış	Ürünlerde hastalık artışı
Yeni ürün gruplarının yetiştirilme potansiyeli	Sağanak yağışlarda artış	Daha güçlü su baskınları ve fırtınalar
Daha uzun yetiştirme sezonları	Kuraklık artışı, yabancı ot büyümesinde artış	Sıcaklık stresi
Olgunlaşma oranlarının artması	Daha çok toprak erozyonu	Pestisit ve herbisit etkinliğinin azalması

KARŞI ADAPTASYON STRATEJİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan araştırmalar kapsamında, sebze üretiminde biyotik ve abiyotik stres durumlarına karşı, gerek ulusal gerekse uluslararası kapsamda çok sayıda çalışma mevcuttur. Mevcut çalışmalardan özellikle küresel ısınmaya karşı uyum çerçevesinde "geliştirilmesi ön görülen yöntemlerin özeti yapılmış olup bu yöntemlere alt yapı oluşturulacak bazı çalışmalar örneklendirilerek" verilmiştir.

Biyotik Tehditlere Karşı Adaptasyon

İlk olarak karantinanın katı bir şekilde uygulanması yer alır. Yeni patojenlerin ve/veya zararlı türlerinin bir ülkeye, bölgeye veya çiftlik alanına girişini önlemeye yönelik alınan önlemlerdir [46, 77]. Patojen içermeyen tohum ve dikim materyalinin (sertifikalı tohum) kullanılması, dayanıklı veya toleranslı çeşitlerin kullanılması [23]. Ürün rotasyonu [15] veya hastalıklı bitki parçalarının yakılması gibi kültürel uygulamaların yapılması, örneğin patlıcan meyvesi ve sürgün kurdu (*Leucinodes orbonalis*) pratikte sadece patlıcanla beslenen monofag bir zararlıdır; bu nedenle, patlıcan yetiştiriciliğinin birkaç mevsim durdurulması, bu zararlının popülasyonunu önemli ölçüde azaltacağı belirtilmiştir [23].

Farklı bitki aktivatörleri ve biyolojik preparatların kullanılması [19, 6, 4]. Ürünleri sera gibi korumalı ortamlarda yetiştirilmesi yer almaktadır [23]. Sentetik veya mikrobiyal pestisitlerin uygulanması, feromonların ve cezbedicilerin kullanılması [25]. İklim değişikliğinin patojenler üzerindeki kantitatif analizlerinin geliştirilmesi, kimyasal ve biyolojik kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi, ekim/dikim planlarının değiştirilmesi, Bitki ıslahı çalışmalarına yer verilmesi [44]. Hastalık ve zararlılara karşı moleküler yöntemlerin kullanılması [57, 66]. Aşılama tekniğinin kullanılması, biyo-pestisitler ve doğal düşmanların, tek başına veya kombinasyon halinde kullanılması sebze üretim sistemlerinde sürdürülebilir hastalık ve zararlı yönetiminde önemli olduğu belirtilmiştir [23].

Abiyotik Tehditlere Karşı Adaptasyon

Gübreleme ve sulama yönetimi stratejilerinin dikkate alınması [13, 45]. Besin yönetiminin uygulanması [89]. Sebzelerin yaşam döngülerinin (Life Cycle Assessment; LCA) değerlendirilmesi [76]. İklimsel index (CLIMatic indEX; CLIMEX) gibi biyoklimatik modellerin kullanılması [68, 69].

Abiyotik faktörlere karşı dayanıklı önemli sebze ürünlerinin gen kaynaklarının tespit edilmesi ve geliştirilmesi [42]. Aşılı fide üretimi [62, 40]. Söz konusu adaptasyonların yanı sıra Peña ve Hughes [56]'in araştırmalarında yer alan Asya Sebze Araştırma ve Eğitim Merkezi'ne (Asian Vegetable Research and Training Center; AVRDC) ait sebzelerde ön görülen adaptasyon stratejileri kapsamında; sebze üretimin arttırılması, su tasarrufu sağlayan sulama yönetimlerinin geliştirilmesi, ürünleri ve suyu koruyabilecek kültürel uygulamalara yer verilmesi, abiyotik tehditlere karşı dayanıklı bitki türlerinin QTL (Quantitative Trait Locus; Kantitatif Karakter Lokus) gibi moleküler yöntemleri kullanılarak geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Söz konusu yöntemlerin yanı sıra atıkların doğaya geri dönüşümünün sağlanması ile karbon salınımının azaltılması, bitki tepkimelerine bağlı olarak yenilikçi iklim kontrol sistemlerinin oluşturulması, bitkisel üretimde teknolojilerinin kullanılması, örneğin dikey tarım sistemlerinde otomasyon ve robotik kullanımına olanak sağlanması, arttırılmış ve sanal gerçeklik teknolojilerine yer verilmesi gerekmektedir [35]. Son olarak abiyotik tehditlere karşı proteomik, metabolomik, genomik ve transkriptomik analizlerin geliştirilmesi de uyum stratejileri arasında yer almaktadır [87, 1].

Fizyolojik Adaptasyonlar

Bitkilerde kuraklık koşullarına karşı enerji dağıtımı ve metabolik koruma kapasitesinin mevcut olması [56]. Aniden yüksek sıcaklığa maruz kalma sonrası ısı şoku proteinlerinin üretimi gerçekleşmektedir. Bu proteinler, ürünlerin sıcaklık stresine tolerans kazanmasına, hücre bütünlüğünün korunmasına, protein denatürasyonunu önlemesine ve fotosistem II merkezini korumasına yardımcı olabilmektedir [53]. Yüksek CO_2 nedeniyle stoma kapanması, su kayıplarını azaltabilir, böylece yüksek

sıcaklıklarda artan terlemenin olumsuz etkileri azaltılabilmektedir. Ayrıca, bu kapanma ile fotosentezi ozonun ve muhtemelen diğer kirleticilerin etkilerinden koruduğu belirtilmiştir [61].

Çeşit seçimi ve dikim tarihleri, bazı sebze türlerinde (kereviz, soğan ve lahana gibi) çiçeklenmeyi ya baskılıyor ya da geciktirebiliyor. Bu nedenle, kışların daha ılıman olması durumunda farklı ekim tarihleri ve çeşitler gereksinimi olacağı belirtilmiştir [55]. Sistemik kazanılmış direnç (Systemic Acquired Resistance; SAR) mekanizmasının devreye girmesi [4]. Külleme yapan *Erysiphe cichoracearum*'un, yüksek CO_2 koşulları altında yeni gelişen yapraklarda stoma yoğunluğu, koruyucu hücre uzunluğu ve trikom sayısının arttığı gözlemlenmiştir [43]. Bazı türler aklimasyon (iklim adaptasyonu) sayesinde, kısa zaman içinde oluşan yüksek sıcaklıklara karşı, hızlı bir adaptif düzenlenmeyi de gerçekleştirebilmektedir [41]. ABA'nın yapraklardaki artışı stomaların kapanarak transpirasyonun ve sürgün gelişiminin azalmasına neden olduğu ve ayrıca ABA'nın düşük konsantrasyonları, köklerden alınan suyun artmasına ve böylece sürgünlerdeki su stresinin azalmasını sağladığı da gözlemlenmiştir [41].

SONUÇ

İklim değişikliğinin sebze yetiştiriciliğine olumsuz etkilerini en aza indirebilmek için sebze yetiştiriciliğinde önemli olan bilinçsiz ve aşırı sulamanın engellenmesi bununla beraber su kaynaklarının korunmasının sağlanması amacıyla aşırı sulamayı önlemek için çiftçilere yönelik tarımsal yayım çalışmaları yapılması öneriler arasında önemli yer alacaktır. Ayrıca sulama suyu kullanımını ücretlendirmek, aşırı sulamanın önüne geçecek bir yol olabileceği de çıkarılan sonuçlar arasındadır.

İklim değişikliği ile tarım birbirinden etkilenen iki faktör olarak tarımsal üretim esnasında açığa çıkan sera gazı miktarını azaltabilmek için, kimyasal ilaç ve gübre kullanımına oldukça dikkat edilmesi gerektiği ve yine sebze üreticilerini konu ile ilgili bilinçlendirecek yayım çalışmaları yapılması önerilebilir. Ülkesel tarım politikaları içerisinde mutlaka iklim değişikliği dikkate alınarak, kuraklık için üreticilere kuraklıktan etkilenmiş üretim bölgelerinde tarımsal kredi kullanımında kolaylıklar sağlanabileceği düşünülmektedir. Yine, çiftçileri tarımsal sigorta ve kuraklık sigortası yaptırmaya teşvik edilmesi çıkarılan sonuçlar arasındadır.

Sera gazı oluşumuna sebep olan fosil yakıt kullanımı yerine, yenilebilir enerji kaynaklarının (biyodizel, biyogaz, güneş enerjisi vs.) kullanımının teşvik edilmesi ile beraber, sanayi, ulaşım ve enerji sektörlerinin sera gazı salınımı miktarına kısıtlamalar getirilebileceği bazı noktalarda cezai uygulamalar getirilmesi gerektiği çıkarılan sonuçlar arasındadır.

Küresel ısınmaya karşı sürdürülebilir sebze üretimi amacıyla teknolojiye dayalı üretim sistemlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasının bir gereklilik haline geleceği kanaatindeyiz. Ayrıca stres koşullarına dayanıklı çeşit geliştirilme çalışmalarında, aşılama tekniğinin yanı sıra moleküler yöntemlerin geliştirilmesinin önemli olduğunu söylenebilir. Dayanıklı çeşit geliştirmek sebze yetiştiriciliği açısından oldukça önemli olmakla birlikte sulama, gübreleme yönetimi gibi kültürel faaliyetler ile tedbirlerin de alınabileceği farklı literatürlerce desteklenmektedir. Türkiye'de iklim değişikliği konusunda yapılan çalışmaların sınırlı düzeyde olduğu gözlenmiş farklı ekolojilerde adaptasyon çalışmaları yapılabileceği düşünülmektedir. Bu konuda kontrollü ve açık tarla koşullarında bilimsel çalışmaların sayısının artırılmasının gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Abdelrahman, M., Phan Tran, L.S., Shigyo, M., 2022. Physiological and molecular perspectives of stress tolerance in vegetables. Frontiers in Plant Science 3018.
2. Abid, M., Malik, S.A., Bilal, K., Wajid, R.A., 2002. Response of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) to EC and SAR of Irrigation Water. International Journal of Agriculture Biology 4(3):311-314.
3. Agüera, E., Ruano, D., Cabello, P., de la Haba, P. 2006. Impact of atmospheric CO_2 on growth, photosynthesis and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants. Journal of Plant Physiology 163(8):809-817.
4. Aktepe, B.P., 2021. Domateste bakteriyel benek hastalığının biyolojik mücadelesinde farklı bitki aktivatörleri ve biyolojik preparatların etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 26(2):355-364.
5. Aloni, B., Pressman, E., Karni, L., 1999. The effect of fruit load defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and on fruit shape. Annals of Botany 83:529-534.
6. Altinok, H.H., Dikilitas, M., 2014. Antioxydant response to biotic and abiotic inducers for the resistance against fusarium wilt disease in eggplant (*Solanum melongena* L.). Acta Botanica Croatica 73(1):79-92.
7. Ateş, M., Karatepe, A., 2013. Üniversite öğrencilerinin "küresel ısınma" kavramına ilişkin

algılarının metaforlar yardımıyla analizi. Marmara Coğrafya Dergisi 27:221-241.
8. Ayyogari, K., Sidhya, P., Pandit, M.K., 2014. Impact of climate change on vegetable cultivation-a review. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology 7(1):145-155.
9. Bebber, D.P., Holmes, T., Gurr, S.J., 2014. The global spread of crop pests and pathogens. Global Ecology and Biogeography 23(12):1398-1407.
10. Bebber, D.P., 2015. Range-expanding pests and pathogens in a warming world. Annual Review of Phytopathology 53:335-356.
11. Beed, F. Benedetti, A., Cardinali, G., Chakraborty, S., Dubois, T., Garrett, K., Halewood, M., 2015. Micro-organism genetic resources for food and agriculture and climate change. In Coping with climate change The roles of genetic resources for food and agriculture Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome (Italy) pp:87-98.
12. Bezemer, T.M., Knight, K., Newington, E.J., Jones, T.H., 1999. How general are aphid responses to elevated atmospheric CO_2? Annals of the Entomological Society of America 92:724-730.
13. Bisbis, M.B., Gruda, N., Blanke, M., 2018. Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality-A review. Journal of Cleaner Production 170:1602-1620.
14. Bustan, A., Sagi, M., Malach, Y.D., Pasternak, D., 2004. Effects of saline irrigation water and heat waves on potato production in an arid environment. Field Crops Research 90(2-3):275-285.
15. Canpolat, S., Maden, S., 2017. Fasulye köşeli yaprak lekesi (*Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun) hastalığının inokulum kaynaklarının belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni 57(1):39-47.
16. Chakraborty S, Luck J, Hollaway, G., Freeman, A., Norton, R., Garret, K.A., Percy, K., Hopkins, A., Davis, C., Karnosky, D., 2008. Impacts of global change on diseases of agricultural crops and forest trees. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 3(54):1-15.
17. Choi, E.Y., Seo, T.C., Lee, S.G., Cho, I.H., Stangoulis, J., 2011. Growth and physiological responses of Chinese cabbage and radish to long-term exposure to elevated carbon dioxide and temperature. Horticulture, Environment, and Biotechnology 52(4):376-386.
18. Davis, J.H.C., 1997. Phaseolus beans. In: Wien, H.C. (ed.) The Physiology of Vegetable Crops. CAB International, Wallingford, UK, pp:409-428.
19. Dereboylu, A.E., Tort, N., 2010. Bazı aktivatör ve fungisit uygulamalarının *Cucumis sativus* L.(hıyar) bitkisinde verim-kalite üzerine etkisi. Fen Bilimleri Dergisi 31:(1).
20. Desprez-Loustau, M., Marcais, B., Nageleisen, L., Piou, D., Vannini, A., 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. Annals of Forest Science 63:597-612.
21. Desneux, N., Luna, M.G., Guillemaud, T., Urbaneja, A., 2011. The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: The new threat to tomato world production. Journal of Pest Science 84:403-408.
22. Dkhil, B.B., Denden, M., 2010. Salt stress induced changes in germination sugars starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus* L. (Moench.) seeds. African Journal of Agricultural Research 5(12):1412-1418.
23. Ebert, A.W., 2017. Vegetable production, diseases, and climate change. World Agricultural Resources and Food Security 17:103-124.
24. Ebert, A.W., Kenyon, L., 2017. Ensuring the genetic diversity of tomato. AVRDC -The World Vegetable Center, Taiwan. pp:143-169.
25. Endersby, N.M., Morgan, W.C., 1991. Alternatives to synthetic chemical insecticides for use in crucifer crops. Biological Agriculture Horticulture 8(1):33-52.
26. Erickson, A.N., Markhart, A.H., 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. Plant Cell Environment 25:123-130.
27. FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations (https://www.fao.org/faostat/en/#data/qcl; Erişim: 11.08.2022).
28. Flavin, C., 1990. Slowing global warming. Environmental science technology 24(2):170-171.
29. Flexas, J., Barbour, M.M., Brendel, O., Cabrera, H.M., Carriqui, M., Diaz-Espejo A., Douthe, C., Dreyer, E., Ferrio, J., Gago, J., Gallé, A., Galmés, A., Kodama, N., Medrano, H., Niinemets, Ü., Peguero-Pina, J.J., Pou, A., Ribas-Carbó, M., Tomás, M., Tosens, T., Warren C.R., 2012. Mesophyll diffusion conductance to CO_2: an unappreciated central player in photosynthesis. Plant Science 196(31):70-84.
30. Hanson, P.M., Wang, J.F., Licardo, O., Hanudin, M.S.Y., Hartman, G.L., Lin, Y.C., Chen, J.T., 1996. Variable reaction of tomato lines to bacterial wilt evaluated at several locations in Southeast Asia. HortScience 31(1):143-146.
31. Hao, X., Hale, B.A., Ormrod, D.P., 1997., The effects of ultraviolet B radiation and carbon

dioxide on growth and photosynthesis of tomato. Canadian Journal of Botany 75(2):213-219.
32. Heckwolf, M., Pater, D., Hanson, D.T., Kaldenhoff, R., 2011. The Arabidopsis thaliana aquaporin AtPIP1;2 is a physiologically relevant CO_2 transport facilitator. Plant Journal 67(5):795-804.
33. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Lakshmanan, G.M.A., Gomathinayagam, M., Panneerselvam, R., 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. Colloids Surf. B: Biointerfaces 61(2):298-303.
34. Jones, P.D., Wigley, T.M., 1990. Global warming trends. Scientific American 263(2):84-91.
35. Kacira, M. 2022. Geleceğin tarımına doğru yeni teknolojiler. 13. Sebze Tarımı Sempozyumu, 21-23 Eylül. İzmir.
36. Kaçar, B., Katkat, A.V., Öztürk, Ş., 2013. Bitki Fizyolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara. pp:558.
37. Karaman, S., Gökalp, Z., 2010. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 3(1):59-66.
38. Karl, T.R., Kukla, G., Razuvayev, V.N., Changery, M.J., Quayle, R.G., Heim, R.R. Jr, Easterling, D.R. Fu, C.B., 1991. Global warming: evidence for asymmetric diurnal temperature change. Geophysical Research Letters 18(12):2253-2256.
39. Kenar, N., Ketenoğlu, O., 2009. Güneş kaynaklı ultraviyole radyasyonunun karasal ekosistemler üzerine etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi 2(33):67-77.
40. Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Özgün, Ö., Sönmez, K., Özbek, H., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2015. Bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk stresi koşullarındaki gelişmelerinin karşılaştırılması. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 8(1):20-30.
41. Korkmaz, H., Durmaz, A., 2017. Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine verdiği cevaplar. Güfbed/Gustıj 7(2):192-207.
42. Kumari, M., Verma, S.C., Shweta., 2018. Climate change and vegetable crops cultivation: a review. Indian Journal of Agricultural Sciences 88(2):167-174.
43. Lake, J., Wade, R., 2009. Plant-pathogen interactions and elevated CO_2: Morphological changes in favour of pathogens. Journal of Experimental Botany 60(11):3123-3131.
44. Luck, J., Spackman, M., Freeman, A., Tre¸ bicki, P., Griffiths, W., Finlay, K., Chakraborty, S., 2011. Climate change and diseases of food crops. Plant Pathology 60(1):113-121.
45. Machado, R.M.A., Serralheiro, R.P., 2017. Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. Horticulturae 3:30.
46. Maloy, O.C., 2005. Plant disease management. The Plant Health Instructor.
47. Mironidis, G.K., Savopoulou-Soultani, M., 2010. Effects of heat shock on survival and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) adults. Journal of Thermal Biology 35(2):59-69.
48. Moretti, C.L., Mattos, L.M., Calbo, A.G., Sargent, S.A., 2010. Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. Food Research International 43(7):1824-1832.
49. Natesh, H.N., Abbey, L., Asiedu, S.K., 2017. An overview of nutritional and antinutritional factors in green leafy vegetables. Horticulture International Journal 1(2):58–65.
50. Newton, A.C., Johnson, S.N., Gregory, P.J., 2011. Implications of climate change for diseases, crop yields and food security. Euphytica 179(1):3-18.
51. Pangga, I.B., Hanan, J., Chakraborty, S., 2013. Climate change impacts on plant canopy architecture: Implications for pest and pathogen management. European Journal of Plant Pathology 135:595-610.
52. Park, S.K., Kim, S.H., Park, H.G., Yoon, J.B., 2009. Capsicum germplasm resistant to pepper anthracnose differentially interact with Colletotrichum isolates. Horticulture Environment and Biotechnology 50(1):17-23.
53. Paulsen, G.M., 1994. High temperature responses of crop plants. Physiology and Determination of Crop Yield pp:365-389.
54. Peet, M.M., Sato, S., Gardner, R.G., 1998. Comparing heat stress effects on male-fertile and male-sterile tomatoes. Plant, Cell and Environment 21:225-231.
55. Peet, M.M., Wolfe, D.W., 2000. Crop ecosystem responses to climatic change: vegetable crops. Climate Change and Global Crop Productivity pp:213-243.
56. Pena, R., Hughes, J., 2007. Improving vegetable productivity in a variable and changing climate. SAT e Journal 4(1):1-23.
57. Pınar, H., Atilla, A.T.A., Keleş, D., Mutlu, N., Denli, N., Ünlü, M., 2013. Domates hatlarında *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*'ye dayanıklılığın moleküler markörler yardımıyla belirlenmesi. Derim 30(1):15-23.
58. Picken, A.J.F., 1984. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal Horticultural Science 59(1):1-13.

59. Pressman, E., Moshkovitch, H., Rosenfeld, K., Shaked, R., Gamliel, B., Aloni, B., 1998. Influence of low night temperatures on sweet pepper flower quality and the effect of repeated pollinations with viable pollen on fruit setting. Journal of Horticultural Science Biotechnology 73(1):131-136.
60. Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S.S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., Xu, J., 2019. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. Plants 8(2):34.
61. Reid, C.D., Fiscus, E.L., 1998. Effects of elevated CO_2 and/or ozone on limitations to CO_2 assimilation in soybean (Glycine max). Journal of Experimental Botany 49(322):885-895.
62. Rivero, R.M., Ruiz, J.M., Sanchez, E., Romero, L., 2003. Does grafting provide tomato plants an advantage against H_2O_2 production under conditions of thermal shock. Physiologia Plantarum 117:44-50.
63. Rylski, I., Aloni, B., Karni, L., Zaidman, Z., 1994. Flowering fruit set fruit development and fruit quality under different environmental conditions in tomato and pepper crops. Acta Horticulturae 366:45-56.
64. Sairam, R.K., Kumutha, D., Ezhilmathi, K., Deshmukh, P.S., Srivastava, G.C., 2008. Physiology and biochemistry of water logging tolerance in plants. Biologia Plantarum 52(3):401-412.
65. Samtiya, M., Aluko, R.E., Dhewa, T., Moreno-Rojas, J.M., 2021. Potential health benefits of plant food-derived bioactive components: An overview. Foods 10(4):839.
66. Sarıkamış, G., 2014. Sebze ıslahında moleküler yaklaşımlar. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi (2):80-83.
67. Satar, S., Kersting, U., Uygun, N., 2005. Effect of temperature on development and fecundity of Aphis gossypii Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumber. Journal of Pest Science 78:133-137.
68. Shabani, F., Kumar, L., Esmaeili, A., 2013. Use of Climex, land use and topography to refine areas suitable for date palm cultivation in Spain under climate change scenarios. Journal of Earth Science Climatic Change 4:4.
69. Silva, R.S., Kumar, L., Shabani, F., Picanço, M.C., 2017. Assessing the impact of global warming on worldwide open field tomato cultivation through CSIRO-Mk30 global climate model. The Journal of Agricultural Science 155(3):407-420.
70. Singh, A.K., 2010. Climate change sensitivity of Indian horticulture role of technological interventions. Souvenir of Fourth Indian Horticultural Congress HSI, New Delhi. pp:85-95.
71. Singh, S.P., Singh, P., 2015. Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 50:431-444.
72. Spaldon, S., Samnotra, R.K., Chopra, S., 2015. Climate resilient technologies to meet the challenges in vegetable production. International Journal of Current Research and Academic Review 3(2):28-47.
73. Srivastava, A.C., Tiwari, L.D., Pal, M., Sengupta, U.K., 2002. CO_2-mediated changes in mung bean chemistry: Impact on plant herbivore interactions. Current Science 82(9):1148-1151.
74. Sun, Y., Yin, J., Cao, H., Li, C., Kang, L., Ge, F., 2011. Elevated CO_2 influences nematode-induced defense responses of tomato genotypes differing in the JA pathway. PLoS One 6(5):1-9.
75. Steven, M.A., Rudich, J., 1978. Genetic potential for overcoming physiological limitations on adaptability yield and quality in tomato. HortScience 13:673-678.
76. Stone, T.F., Thompson, J.R., Rosentrater, K.A., Nair, A., 2021. A life cycle assessment approach for vegetables in large-, mid-, and small-scale food systems in the Midwest us. Sustainability 13(20):11368.
77. Şevik, M.A., Deligöz, İ., 2016. Ülkemizde domateslerde görülen yeni bir viral etmen: Pepino mosaic virus (PepMV). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 26(2):300-307.
78. Taiz, L., Zeiger, E., 2008. Bitki Fizyolojisi. 3. Baskıdan Çeviri (Türkkan, İsmail), Palme Yayıncılık, Ankara, 690s.
79. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, İklim değişikliği ve tarım değerlendirme raporu (https://www.tarimorman.gov.tr/trgm/belgeler/ıklım%20degısıklıgı%20ve%20tarım%20degerlendırme%20raporu.pdf).
80. Tartachnyk, I.I., Blanke, M.M., 2007. Photosynthesis and transpiration of tomato and CO_2 fluxes in a greenhouse under changing environmental conditions in winter. Annals of applied biology 150(2):149-156.
81. Terashima, I., Hanba, Y.T., Tholen, D. Niinemets, U., 2011. Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. Plant Physiology 155(1):108-116.
82. Than, P.P., Jeewon, R., Hyde, K.D., Pongsupasamit, S., Mongkolporn, O., Taylor, P.W.J., 2008. Characterization and pathogenicity of Colletotrichum species associated with anthracnose on chili (*Capsicum* spp.) in Thailand. Plant Pathology 57:562-572.

83. Turhan, A., Kuşçu, H., 2019. Tuzluluk stresinin patlıcanda (*Solanum melongena* L.) su kullanım etkinliği, verim bileşenleri, yaprak klorofil ve karotenoid içeriği üzerine etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 29(1):61-68.
84. TÜİK, 2022. Bitkisel üretim istatistikleri (https://data.tuik.gov.tr/kategori/getkategori?p=tarim-111&dil=1; Erişim:25.07.2022).
85. Türkeş, M., 2012. Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi 4(2):1-32.
86. Uysal, Y., 2022. İklim değişikliği ve küresel ısınma ile mücadelede yerel yönetimlerin rolü: tespitler ve öneriler. Kesit Akademisi Dergisi 30:324-354.
87. Ünel, N.M., 2018. Salatalıkta ısı şoku proteinlerinin biyoinformatik analizleri ve abiyotik stres koşullarına tepkisinin omiks yaklaşımlar kullanılarak incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Genetik ve Biyomühendislik Anabilim Dalı, Kastamonu, 175s.
88. Yalçın, G.E., Kara, F.Ö., 2014. Küresel iklim değişikliğinin Türkiye'de tarımsal üretime etkileri ve çözüm önerileri. 11. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi 3(5):195-199.
89. Wang, X., Zou, C., Zhang, Y., Shi, X., Liu, J., Fan, S., Liu, Y., Du, Y., Zhao, Q., Tan, Y., Wu, C., Chen, X., 2018. Environmental impacts of pepper (*Capsicum annuum* L) production affected by nutrient management: a case study in southwest China. Journal of Cleaner Production 171:934-943.
90. Wien, H.C., 1997. The cucurbits: cucumber, melon, squash and pumpkin. In: Wien, H.C. (ed.) The Physiology of Vegetable Crops. CAB International, Wallingford, UK, pp:345-386.
91. Xu, C., Wang, M.T., Yang, Z.Q., Zheng, Q.T., 2020. Low temperature and low irradiation induced irreversible damage of strawberry seedlings. Photosynthetica 58(1):156-164.