



Küresel Isınmanın Çay Tarımına Etkileri

Effects of Global Warming on Tea Agriculture

Songül Yıldız¹ , Muharrem Özcan² 

Geliş Tarihi (Received): 22.11.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 30.01.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

Öz: Küresel ısınma, tarım alanlarında ve tarımsal üretimde çeşitli sorunlara yol açan önemli bir faktördür. Dünyada önemli çay üreticileri olan Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka ve Türkiye gibi ülkelerdeki çay tarımında küresel ısınma etkileri son zamanlarda artış göstermiştir. Dünya çay tarım alanlarının etkilenme dereceleri çay veriminde azalma, sel ve su baskını, toprak erozyonu, kuraklık gibi farklı şekillerde meydana gelmektedir. Türkiye çay tarım alanlarında da, değişen sıcaklık ortalamaları, yağış miktarı ve yağış düzensizliği sonucunda çay üretiminde rakımlara bağlı olarak farklı düzeylerde etkilerin oluşmaya başladığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan anket çalışmasının sonuçlarına göre, kıyı kesimlerde ve özellikle ilk sürgün hasatta verim kayıplarının oluşmasına karşın, yüksek rakımlarda ikinci ve üçüncü hasatta verim artışlarını teşvik ettiği görülmektedir. Küresel ısınmanın ülkemiz çay bahçelerinde su baskını stresi, düz ve düze yakın arazilerde kurumalar, eğimli arazilerde ise toprak kaymaları gibi etkiler yaptığı görülmektedir. Ülkemiz çay alanlarında küresel ısınmanın etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak, çay üreticilerinin bilgilendirilmesi, eğimli alanlarda toprak kaymasını önleyici kültürel önlemlerin alınması gerekmektedir. Kalıcı çözümler için, ıslah çalışmalarıyla, su baskını ve sıcaklık stresine yönelik verimli ve dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve bunların ülkemiz çay bahçelerinin yenilenmesinde öncelikle kullanılması sağlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Çay, küresel ısınma, verim, kalite, kuraklık

&

Abstract: Global warming is a major factor that causes various problems in agricultural areas and agricultural production. In recent years, the effects of global warming on tea cultivation in countries such as China, India, Kenya, Sri Lanka, and Turkey, which are important tea producers in the world, have increased. The degree of impact on world tea cultivation areas occurs in different ways, such as a decrease in tea yield, flooding, soil erosion, and drought. In Turkish tea cultivation areas, it is seen that different levels of effects have begun to occur in tea production depending on the altitudes as a result of changing temperature averages, rainfall amounts, and rainfall irregularity. According to the results of the survey conducted within the scope of this study, it is seen that while yield losses occur in coastal areas and especially in the first flush harvest, it encourages yield increases in the second and third harvests at high altitudes. It is seen that global warming has effects such as flooding stress, drying in flat and close to flat areas, and landslides in sloping areas in our country's tea gardens. In order to reduce the effects of global warming in our country's tea areas, it is necessary to inform tea producers and to take cultural measures to prevent landslides in sloping areas. For permanent solutions, breeding studies should be carried out to develop efficient and resistant varieties for flooding and heat stress, and these should be prioritized in the renewal of our country's tea gardens.

Keywords: Tea, global warming, yield, quality, drought

Atıf/Cite as: Yıldız, S. & Özcan, M. (2024). Küresel ısınmanın çay tarımına etkileri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. 10(1), 47-68. doi: 10.24180/ijaws. 1394524

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

¹ Öğr. Gör. Songül Yıldız, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, songul.yildiz@erdogan.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

² Prof. Dr. Muharrem Özcan, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, muozcan@omu.edu.tr

GİRİŞ

Küresel ısınma ile dünyada birçok alan olumsuz etkilenmekte ve etkileri giderek artmaktadır. Sanayi alanlarının ve fosil yakıtların kullanımının artması, ormanların farklı amaçlara yönelik kesilerek yok edilmesi ve yangınlar nedeniyle yok olan ormanların yerine yenilerinin dikilmemesi yanında yenilenenin uzun yıllar alması, bilinçsiz tarım uygulamaları gibi birçok sebebe bağlı olarak küresel ısınma artmaktadır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (İDÇS) iklim değişikliği "Mukayese edilebilen bir süreçte incelenen doğal iklim değişimlerine ilaveten, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik" olarak tanımlanmıştır. Çok genel bir yaklaşımla, iklim değişikliği, "Nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler" biçiminde tanımlanabilir (Türkeş, 1997). Dünyada iklim değişikliğinin en büyük etkisi küresel ısınma olarak ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınma, atmosferde bulunan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O) ve diğer sera gazlarının konsantrasyonunun artması ile güneş ışınlarını hapsedmesi sonucu yeryüzü sıcaklığının artması şeklinde ortaya çıkmakta ve bu olaya sera etkisi de denilmektedir (Korkmaz, 2007).

Hızla artan nüfusla beraber sanayileşmedeki artışların bir sonucu olarak açığa çıkan atıklar, fosil yakıt kullanımı, bilinçsiz yapılan tarımsal ilaçlama, gübreleme, artan kimyasal kullanımı gibi etkenler sera gazlarının artmasına ve sera etkisinin kuvvetlenmesine neden olmakta, bu etkiler sonuçta iklim değişikliğini doğurmaktadır (Korkmaz, 2007, Yalçın ve Kara, 2014). Dünyanın mevcut enerji kaynaklarının yaklaşık %85'ini fosil yakıtların oluşturduğu (MacCracken, 2001; Korkmaz, 2007) düşünüldüğünde, küresel ısınmanın en büyük nedenlerinin enerji, endüstri, ulaştırma, tarım ve ormansızlaşma olduğu görülmektedir. Bu durum, dünya için giderek artan bir tehdit oluşturmaktadır (Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı [OKP], 2013).

Zirai ilaç, kimyasal gübre, sulama gibi kültürel uygulamaların yanlış uygulanması sonucunda da sera gazı salınımının artmasına sebep olan tarım, bir taraftan küresel ısınmaya katkı yaparken, diğer taraftan da küresel ısınmanın getirdiği olumsuzluklardan etkilenmektedir. Küresel iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından etkilenen sektörler arasında tarımın oranı %14 olarak bildirilmiştir (Gürel ve Şenel, 2010).

Tunç vd., (2007) küresel ısınma ve sera gazları salınımıyla ilgili 43 farklı sektörü ele alarak yaptıkları çalışmada, toplam sera gazı üretimindeki sektörlerin katkılarını %32 endüstriyel prosesler, %30 enerji sektörü, %16 ulaştırma, %16 diğer sektörler ve %6 tarım sektörü olarak belirlemiştirler.

Küresel ısınmanın kısa ve uzun vadeli olarak çeşitli alanlarda ve oranlarda olumsuzluklara neden olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Bu konuda yaşanan olumsuzluklar ekonomik, çevresel ve sosyal etkiler başlıkları altında toplanabilir. Ekonomik etkiler küresel ısınma sonucunda doğrudan veya dolaylı olarak tarımsal üretimin olumsuz etkilenmesini içermektedir. Bu etkiler; bitki hastalık ve zararlılarının artışı, hayvansal üretimde canlı hayvan sayısında azalma, su ürünleri üretiminde canlı kaybı, otlakların verimliliğinin azalması, hayvanlar için su ve besin miktarının azalması, orman ürünlerinde çeşitli faktörlere bağlı kayıplar, tarımsal alanlarda ve ormanlarda görülen yangınların artışı, orman alanlarının verimliliğinin azalmasıdır. Küresel ısınma, verim kaybı ile beraber ürün kalitesinde ve işlenmiş gıda üretiminde düşüş, gıda stoklarında azalma, finansal kaynak bulma zorluğu, kredi riski, yeni ve ilave su kaynaklarının geliştirilmesinde pahalılık etkileri sonucunda çiftçi gelirlerinde kayıplara da yol açmaktadır. Sadece tarım sektöründe değil tarıma entegre olan turizmde kayıpları, enerji üretiminde azalmaları, tarımsal üretimle ilgili endüstride kayıpları ve işsizlik oranında artışı meydana getirmektedir (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, [TAGEM], 2001).

Tarımın var olabilmesi için çevre, ana faktör olarak ihtiyaç duyulan ortamdır. Küresel ısınmanın çevreyi olumsuz etkilemesinin sonucu olarak; toprakta su ve rüzgar erozyonu artmakta, bitki alanları zarara uğramakta, su kalitesinde bozulma yaşanmakta, hayvanların doğal yaşam alanlarında daralma meydana gelmektedir. Küresel ısınma sebebiyle ekonomik ve çevresel alanda olumsuz etkilerin devamlılığı

beraberinde sosyal alanda olumsuzluklara yol açmaktadır. Bu olumsuzluklar da sosyal huzursuzluk ortamının oluşması, göç olaylarında ve yoksullukta artış yaşanması şeklindedir. Tüm bu etkiler de her geçen gün artmaya devam etmektedir. Tüm bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması veya etkilerinin azaltılması için küresel ısınmanın ekonomik, çevresel ve sosyal alanlarda olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (TAGEM, 2001).

Küresel ısınmaya bağlı olarak kış döneminde sıcaklık ortalamalarında artış yaşanabileceği varsayılmakta ve öngörülen bu sıcaklık değişimlerinin birçok meyve türünü olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir. Özellikle asma ve sert kabuklu meyve yetiştiriciliğinde verim ve kalite kayıplarının daha fazla olacağı belirtilmektedir (Pope vd., 2015).

Özbucak vd., (2019), küresel ısınmanın etkilerine bağlı olarak sıcaklık artışının fındıkta soğuklama isteğinin karşılanamayabileceği öngörüsünü sunmuşlardır. Araştırmacılar, fındık veriminin olumsuz etkilenmesi sebebiyle gelecekte alternatif ürünlerin belirlenmesi gerektiği ortaya koymuşlardır.

Zeytin (*Olea europa*) kurak koşullara dayanıklılığı fazla olan bir tür olmasına rağmen ülkemizde küresel iklim değişikliğinden olumsuz yönde etkilenecek tarım ürünlerinden biridir. Bu olumsuz etkilerin azaltılması yönünde çalışmalar yapılması gerektiği belirtilmektedir (Varol ve Ayaz, 2012).

Küresel ısınmaya bağlı ani iklim değişikliği, çay için en önde gelen çevresel sorun olarak kabul edilmiştir. Çay bitkisi, uzun ömürlü bir bitki olduğundan tüm dünyada iklim değişikliğinin çok yıllık etkilerini yaşamaktadır (Ochieng vd., 2016).

Ülkemizde son yıllarda mevsimlerde yaşanan anormal geçişler, hava durumunda yıl içi ve yıllar arası değişiklikler tüm tarımsal alanlarda etkisini göstermektedir. Doğu Karadeniz bölgesi için önemli bir ekonomik kaynak olan çay tarımı da bahçelerin rakım seviyelerine göre değişmekle birlikte küresel ısınmanın olumsuz etkilerini yaşamaya başlamıştır. Bu çalışmada; dünyada ve ülkemizde tüm tarım ürünlerinde olduğu gibi çay tarımında da sorun oluşturmaya başlayan küresel ısınmanın etkilerinin, ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalarla birlikte incelenmesi, aynı zamanda Türkiye çay üreticisiyle küresel ısınma konusunda yapılan anket çalışması analiz edilerek mevcut durumla birlikte sorunların ortaya konulması ve çözüm önerilerinin oluşturulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, küresel ısınma konusunda yayımlanmış araştırmalar, istatistikler ve bölge çay üreticilerine uygulanan anket çalışması materyali oluşturmaktadır. Dünya çay üretiminde önemli ülkeler içerisinde yer alan Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka ve Türkiye çay tarımına küresel ısınmanın etkileri konusunda yapılan çalışmalar materyal olarak kullanılmıştır.

Ülkemizde çayda küresel ısınma konusunda etkilerin, olumlu ve olumsuz yönde gözlemlerin üretici gözünde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla alan araştırması yapılmıştır. Türkiye çay havzasında üreticiye yönelik anket çalışması için Google Forms uygulamasından yararlanılmıştır. Anket çalışmasında katılımcılara;

- Küresel ısınma (mevsim değişikliği) denildiğinde ne anlıyorsunuz?
- Çaylığınız kaç yaşında
- Çaylıkta gençleştirme budaması yapıyor musunuz?
- Çaylıkta geçmiş yıllara oranla verimde azalma görüldü mü?
- İkinci ve üçüncü sürgün veriminde azalma oldu mu?
- Çaylıkta çiçek ve tohum oluşumu geçmiş yıllara oranla arttı mı?
- Çaylıkta ilk sürgün hasat geçmiş yıllara oranla erkene geliyor mu?
- Geçmiş yıllarda ilk sürgün çayı en erken ne zaman hasat ettiniz?
- İlk sürgün hasat zamanları arasında yıllara göre kaç günlük fark oluştu?

- Çaylıklarınızda aşırı yağışlar sebebi ile toprak erozyonu (kayması) yaşadınız mı?
- Son yıllarda çaylıkta kurumalar görüldü mü?
- Önceki soruya cevabınız "evet" ise kurumanın sebebi sizce nedir?
- Sizin gözlemlerinizde küresel ısınmanın (mevsim değişikliklerinin) çay bitkisi üzerine etkileri nelerdir?
 - Küresel ısınmanın (mevsim değişikliklerinin) çay bitkisi üzerine etkilerine karşı ne gibi önlemler alıyorsunuz? soruları yöneltilmiştir.

Elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak analiz edilerek ülkemizde iklim değişikliği ve küresel ısınma sürecinin çay bitkisi, ürünün bahçe koşullarında etkilenme derecesi ve ileri süreçte çayda olası etkileri belirlenmiştir.

Literatür taramaları ve alanda uygulanan anketin yorumlanması çalışmanın yöntemini oluşturmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Küresel Isınmanın Dünya Çay Tarımına Etkileri

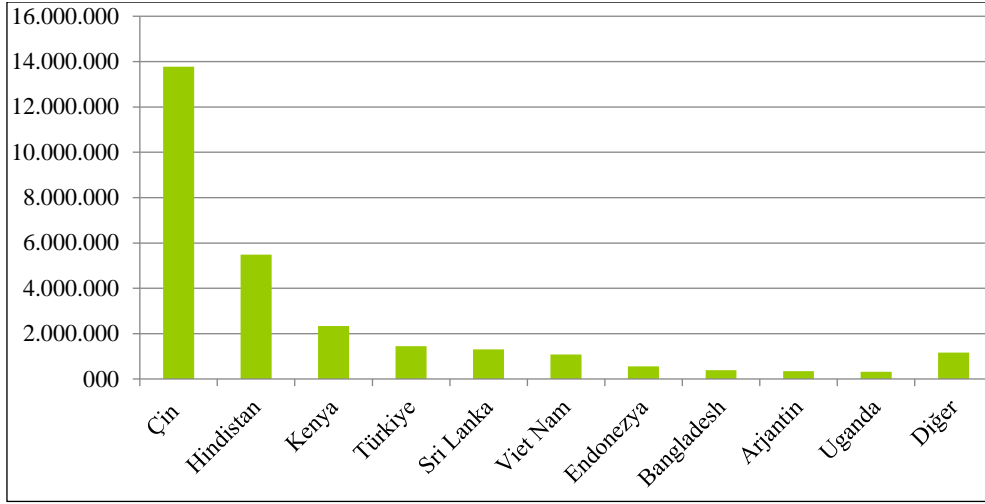
Dünya çay tarım alanları son yıllarda küresel ısınma etkisi ile karşı karşıya kalmakta ve bu durum birçok araştırmacının çalışmalarına konu olmaktadır. Çay tarım alanları farklı açılardan küresel iklim değişikliğinden etkileniyor olsa da en büyük sorunun alan ve verim kaybında olduğu görülmektedir. Kahn (2015), dünyanın bazı bölgelerinde çay yetiştirilen alanların gelecekte %40-55 oranında azalabileceğini bildirmektedir. Çay tarım bölgelerinde yapılan araştırmalar sonucunda iklim değişikliğinin temel etkileri olarak, hava sıcaklıklarında düzensizlik, daha az yağmurlu gün sayısı ve yıllık güneşlenme saatlerinde düşüş, uzun süreli kuraklık, kısa sürede aşırı yağış, aşırı sıcaklıklar, böcek ve hastalık istilasındaki artış, yeni haşere türlerinin ortaya çıkışı, artan yabancı ot istilası, rüzgar hızının artışı, toprak neminde değişim ve buharlaşmada artış belirtilmektedir (Esham ve Garforth, 2013; Baruah ve Handique, 2021).

Çay, geri dönüşü olmayan verim kayıplarına neden olabilen kuraklığa karşı hassas bir bitkidir. Çay kalitesini belirleyen fitokimyasal profiller ve organoleptik özelliklerin de iklim değişikliği ile etkilendiği gösterilmiştir (Kowalsick vd., 2014; Bhagat vd., 2016; Ahmed, vd., 2019; Nowogrodzki, 2019). Şiddetli yağmurların tarım alanlarında su baskınlarına, erozyona ve toprakta besin elementlerinin yıkanmasına neden olabileceği belirtilmiştir (Wijeratne, 1996).

İklim değişikliği kaynaklı stresler, fotosentez, solunum ve su tutma kapasitesi gibi bitki sistemlerini etkilemektedir. Çay bitkileri, metabolik kısıtlamalara yol açan kloroplasta CO₂ difüzyonunun azalması yoluyla su eksikliklerinden etkilenen fotosentezin C₃ mekanizmasını sergilemektedirler (Tezara vd., 2002; De Costa vd., 2007). Bu tür kısıtlamaların göreceli etkisi, stresin ortaya çıkışına ve yoğunluğuna göre değişmektedir. Stres altındaki çay bitkisinde fotosentez mekanizması zarar görür, yaprakların stoma iletkenliği sınırlanır, net fotosentez ve solunum hızında önemli bir düşüş meydana gelir. Kurağa dayanıklı ve hassas çay çeşitlerinin kullanıldığı çeşitli çalışmalar, toprak nem içeriğindeki azalmanın ardından fotosentez ve solunum hızında önemli bir farkın oluştuğunu göstermiştir (Netto vd., 2010; Lin vd., 2014; Maritim vd., 2015).

Küresel Isınmanın Önemli Çay Üreticisi Ülkelerde Etkileri

Dünyada en fazla çay üreten ülkeler ilk beş ülke sırasıyla Çin, Hindistan, Kenya, Türkiye ve Sri Lanka'dır (Şekil 1). Küresel ısınma sürecinden ülkelerin etkilenme dereceleri, buldukları coğrafi konumları, çay bahçelerin bulunduğu arazilerin yer ve yöneyi, rakım durumu, bahçe içlerinde ağaç varlığı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu farklılıklar dikkate alınarak çay üreticisi ülkeler ayrı başlıklar altında değerlendirilmiştir.



Şekil 1. 2021 Dünya yaş çay üretim verileri (ton) (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2023).

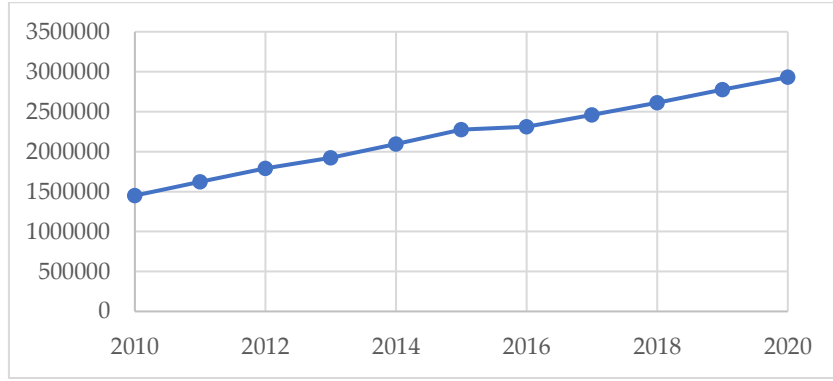
Figure 1. 2021 World fresh tea production data (tons) (FAO, 2023).

Küresel Isınmanın Çin Çay Tarımına Etkileri

Dünya çay alanı ve üretimi yönünden ilk sırada yer alan ülke Çin'dir. Dünyada 2021 yılında 5.25 milyon hektar alanda çay tarımı yapılmış ve bu alandan alınan ürünle 6.25 milyon ton kuru çay üretimi yapılmıştır (FAO, 2023). Çin, dünya çay bahçesi alanının %64.6'sını üretimin %46.8'ini oluşturmaktadır. Çin'deki çay arazilerinin çoğu alçak tepelerde ve dağlık bölgelerde bulunmaktadır. Çin'de 80 milyon insanın çay endüstrisinde görev aldığı tahmin edilmektedir. Çay, özellikle çay yetiştirilen dağlık bölgelerde küçük çiftçiler için gelir ve istihdam yaratmada kilit bir rol oynamaktadır (Bhagat vd., 2016).

Çin'de mevsimlerin dönemlerinin değiştiği, son 10-15 yılda etkilerin daha belirgin hale geldiği ve değişen iklim olaylarının çayın kalitesinde olumsuz etki yaptığı belirtilmektedir. Önümüzdeki yıllarda iklim değişikliğinden dolayı çay kalitesinde olumsuz değişimler olacağı ve verimde %40-55 oranında düşüş olacağı tahmin edilmektedir (Boehm vd., 2016). Güneybatı ve Doğu Çin'de, artan sıcaklıklar ve kuraklık olayları nedeniyle çay kalitesinin düştüğü bildirilmektedir (Ahmed vd., 2014; Larson, 2015; Han, vd., 2017). Çin'de, günlük maksimum sıcaklığın 35°C veya üzerine çıktığı aşırı sıcakların daha uzun ve daha sık olacağı tahmin edilmekte, bunun da çay üretimini ve çaya bağımlı yetiştiricilerin geçim kaynaklarını potansiyel olarak tehdit ettiği değerlendirilmektedir (Wang vd., 2012). Dünyada çay alanının yarıdan fazlasına ve üretimin en büyük dilimini oluşturan Çin'de, küresel ısınma etki derecesinde yapılan öngörülerin haklı çıkması durumunda veriminde büyük kayıp meydana gelecek ve bu da dünya çay ihtiyacı ve tüketiminde sorun oluşturacaktır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC), önümüzdeki 50 yılda Doğu Asya'da muson mevsiminin uzun süreceğini öngörülmüştür. Ayrıca, 1980 ve 2011 yılları arasında Çin'de toplanan veriler, muson mevsiminin uzun sürmesinin çay veriminde güçlü bir düşüşe işaret ettiğini göstermektedir (Nowogrodzki, 2019). Hava koşullarındaki bu değişimlerin, temel geçim kaynağının çay tarımı olduğu Çin'deki kırsal bölgeleri olumsuz etkileyebileceği ifade edilmektedir. Bu olumsuz gelişmeler küresel olarak çay pazarlarını ve çay tüketicilerini etkileyecektir (Nemec-Boehm vd., 2014). Son 10 yılı içeren kuru çay üretim grafiğine Çin toplam üretiminde yıllara bağlı olarak artış olduğu görülmektedir. Kısa vadeli olarak Çin kuru çay üretiminde küresel ısınmanın olumsuz etkisi görülmektedir. Beringer vd., (2020) tarafından yapılan araştırma sonuçlarında da belirtildiği şekilde Çin çay üretimi küresel ısınmanın etkisinden geçmiş yıllara bakıldığında olumlu yönde etkilenmiştir (Şekil 2). Bazı araştırmacıların da bahsettiği şekilde etkinin uzun süre sonunda ortaya çıkması muhtemeldir.

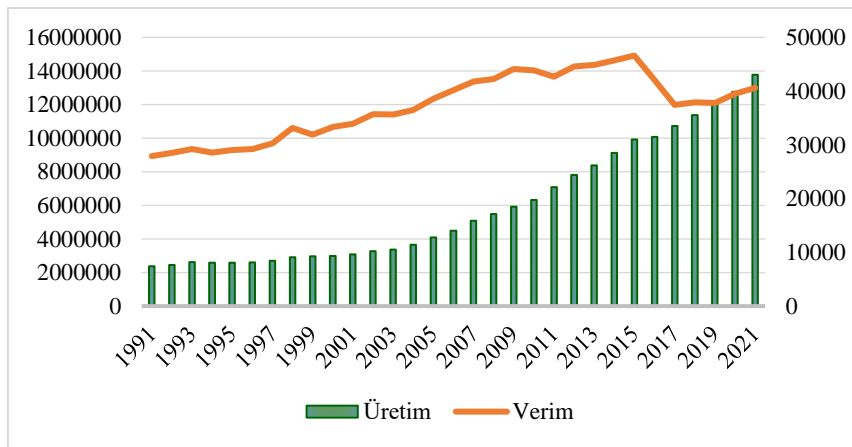


Şekil 2. Çin 2010- 2020 kuru çay üretimi (ton) (FAO, 2023).
Figure 2. China 2010- 2020 dried tea production (tons) (FAO, 2023).

Küresel ısınma, çay tarım alanlarını daha serin bölgelere doğru genişletiyor gibi görünmektedir. Zamana bağlı yapılan modelleme çalışmanın sonuçları, iklim değişikliğinin Çin'deki çay verimi üzerindeki benzer olumlu sonuçlarını bildirmiştir (Beringer vd., 2020). Ancak etkili uyum stratejileri uygulanmadığı takdirde güney bölgelerde sıcaklık kaynaklı verim kayıplarının daha fazla olması beklenmektedir. Ayrıca, Çin'in subtropikal nemli bölgelerinde Temmuz'dan Eylül'e kadar yaygın olan mevsimsel kuraklık olayları, yeterli miktarda toprak besin kaynağı olsa bile besin alımını sınırlayabileceği ve aşırı sıcaklıkların çay üretimi üzerinde ilave olumsuz etkiler oluşturacağı bildirilmiştir (Ding vd., 2008; Zhu vd., 2011; Lipiec vd., 2013).

Çin'de dört farklı iklime sahip bölgede yapılan çalışmada, bölgelerin zamana bağlı olarak sıcaklık değişimlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Yüksek ve subtropikal kesimlerde sıcaklık artışı, tropik ve ılıman iklime sahip alanlardan daha fazla olmuştur. Tüm bölgelerde güneşlenme süresinde ve yağış miktarında azalma meydana gelmiştir. Çay veriminin yıllara göre %20 oranında azaldığı tahmin edilmektedir. Hatta bazı çay bitkilerinin uzun süreli kuraklık nedeniyle öldüğü bildirilmektedir (Bhagat vd., 2016; Lou, 2010). Küresel ısınmanın Çin'de arazi kayıplarını da arttıracığı tahmin edilmektedir.

İklim değişikliği Çin'de, çayda büyüme, gelişme ve verim açısından hem olumlu hem de olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Yüksek kesimlerde sıcaklık artışının olumlu etkileri olduğu görüşüne karşın, kıyı kesimlerde yağmurların azalmasına bağlı olarak su stresi, kalite kaybı, verim azalması meydana gelmektedir. Nitekim Şekil 3'de görüldüğü gibi Çin yaş çay üretim ve verim grafiğinde yıllara bağlı dalgalı bir ilerleme görülmüş fakat çay verimi 2015 yılından sonra keskin bir düşüş yaşamıştır. Bu durum, çay üzerinden geçimini sağlayan üreticiler için ekonomik ve ileriki dönemde sosyolojik sorunlar oluşturabilecektir.



Şekil 3. Çin 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).
Figure 3. China 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).

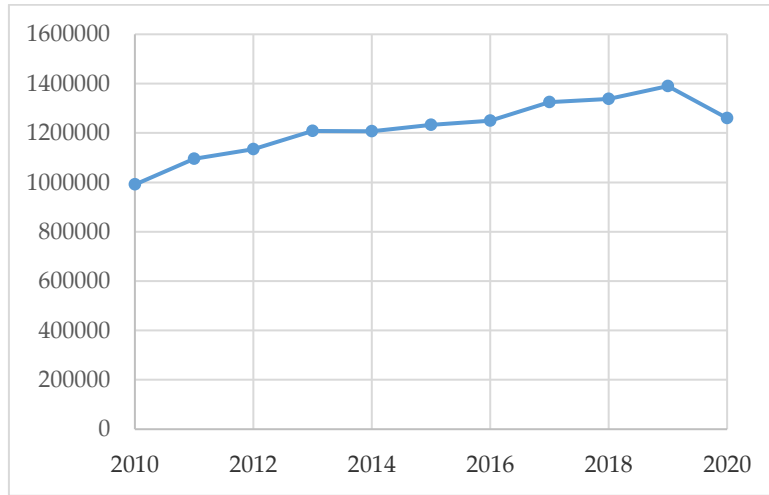
Küresel Isınmanın Hindistan Çay Tarımına Etkileri

Hindistan dünyanın en büyük ikinci çay üreticisidir. Ülkede üretilen çayın %80'inden fazlası ülke içinde tüketilmektedir. Hindistan, Assam ve Darjeeling çayları sayesinde küresel çay haritasında önemli bir yer edinmiştir. Hint çay endüstrisi, birçok küresel çay markasına sahip olacak şekilde büyümüş ve dünyadaki teknolojik olarak en donanımlı çay endüstrilerinden biri haline gelmiştir (Bhagat vd., 2016).

Hindistan'da çevre koşullarındaki değişikliklerin çay kalitesini olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir. Yapılan uzun süreli bir trend analiziyle (yaklaşık 100 yıl), Kuzey Doğu Hindistan'daki yağış miktarının, bölgedeki minimum sıcaklıktaki artışla birlikte 200 mm'den fazla azaldığını ortaya konulmuştur. İklim değişikliğinin etkileri, Hindistan'ın tarıma dayalı Assam eyaletindeki geniş bir alanda yüksek ve net bir şekilde görülmektedir. Eğimli arazilerde, özellikle Darjeeling'in tepelerinde yüksek toprak erozyonu ve toprak kaymalarının devam etmesi, toprak verimliliğinin önümüzdeki yıllarda azalması sebep olacaktır (Biggs vd., 2018; FAO, 2019). Hindistan'da iklim değişikliğinin çayın sadece miktarını değil kalitesini de düşürmesi beklenmektedir (Gesimba, vd., 2005; Ahmed vd., 2014; Duncan, vd., 2016).

Kış aylarında uzun süren kuraklık ve/veya son yıllarda periyodik olarak görülen şiddetli yağışlar gibi olumsuz koşullar, ürünün sürdürülebilirliği için tehdit oluşturmaktadır. Bazı bölgelerde olağandan daha uzun kurak dönemler yaşanırken, bazı bölgeler özellikle haziran ile eylül ayları arasında aralıksız yağmurlardan etkilendiğinden yağmurlar tahmin edilemez hale gelmiştir. Çay bahçelerinde su baskını stresi nedeniyle günümüzde %15-20 oranında ürün kaybı rapor edilmiştir (Goswami, 2016).

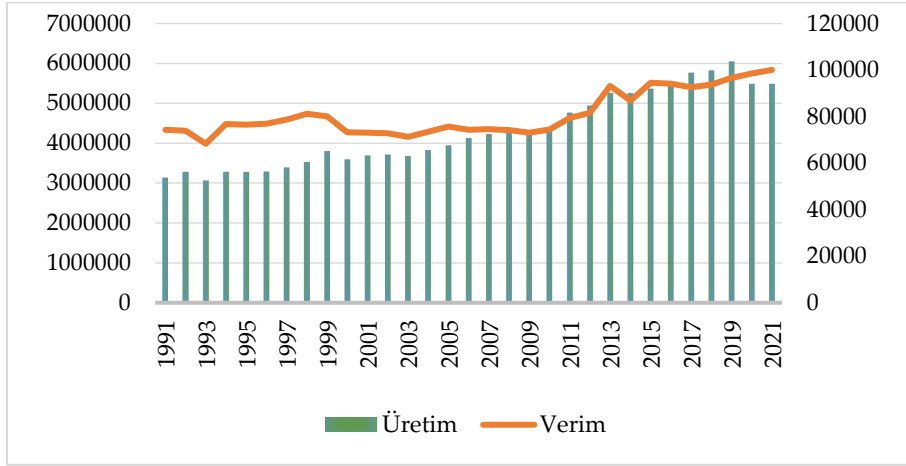
Artan sıcaklıklar ve azalan yağış modelleri, çay üretiminin hem miktarını hem de kalitesini etkileyerek, özellikle küçük çay üreticileri için bir tehdit oluşturacaktır. Çay üreticileri daha sık sel, kuraklık ve zararlı istilasına maruz kalabilir ve bu da verimin azalmasına neden olabilir. Ekonomik ve sosyolojik koşullar ciddi şekilde sekteye uğrayacaktır. Sonuç olarak üreticilerin, küresel çay talebini ve kalite gerekliliklerini karşılamaya devam etmek için mevcut uygulamalarında önemli değişiklikler yapmak zorunda kalacağı bildirilmektedir (Bhagat vd., 2016). Son 10 yılı içeren kuru çay üretim grafiğine bakıldığında son yıllarda üretimde dalgalanmaların olduğu görülmektedir 2020 yılında ise Hindistan toplam üretiminde düşüş olduğu ve bunun sebebinin araştırmacıların da belirttiği şekilde küresel ısınmanın çay tarımına olumsuz etkisinden kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 4).



Şekil 4. Hindistan 2010- 2020 kuru çay üretimi (ton) (FAO, 2023).

Figure 4. India 2010- 2020 dry tea production (tons) (FAO, 2023).

Hindistan çay alanlarında hem eğimli hem düz arazilerde bulunan çayın olumsuz etkilendiği çalışmalarda belirtilmektedir. Sadece sıcaklık artışı değil sıcaklığa ve yağış azalmasına bağlı olarak toprak kaynaklı etkilerde çayda verim ve kalite kaybını beraberinde getirmiştir. Şekil 5'te 2019 yılından sonra Hindistan çay üretiminde azalmanın meydana geldiği görülmüştür. Bunun artan toprak kayması ve bitki kurumalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5. Hindistan 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).

Figure 5. India 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).

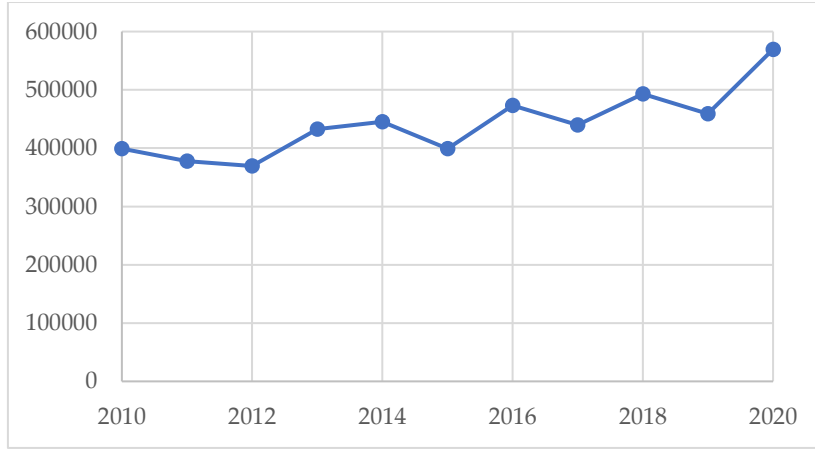
Hindistan çay tarımında verimde artışlar olmasına karşın üretim ve kuru çay üretiminde düşmelerin olduğu bunun da en büyük nedenlerinden bir tanesinin küresel ısınma olduğu söylenebilir.

Küresel Isınmanın Kenya Çay Tarımına Etkileri

Kenya, çoğunluğu ihraç edilen ve ihracattan elde edilen gelire, toplam milli gelire %20 katkıda bulunan dünyanın üçüncü önemli çay üreticisidir (Azapagic vd., 2016).

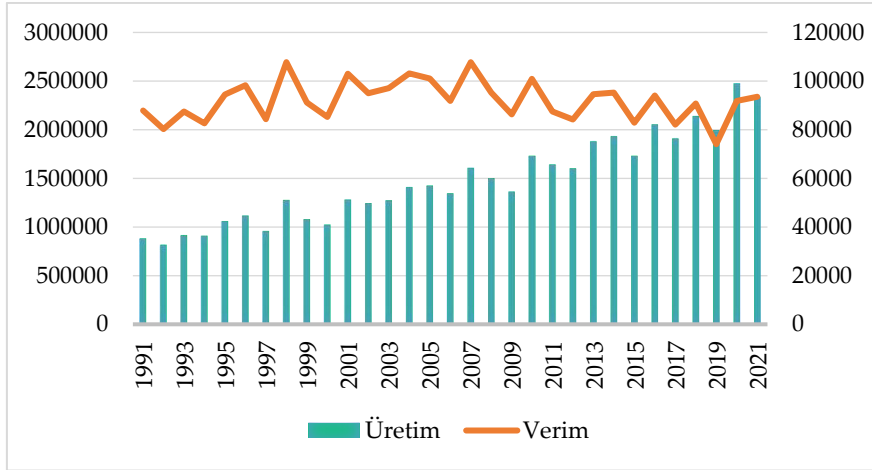
Kenya iklim verileri kullanılarak GIS ortamında oluşturulan haritalara göre, herhangi bir önlem alınmazsa bölge için ortalama hava sıcaklığının 2025'e kadar yaklaşık %2 ve 2075'e kadar %11 artacağını tahmin edilmektedir. Kenya'daki mevcut yetiştirme alanlarında çay tarımına uygun toplam arazi alanının azalacağı; bunun yağış seviyesinden ziyade yağış dağılımından kaynaklanacağı düşünülmektedir. Ortalama hava sıcaklıklarının 23.5°C eşliğinin üzerine çıkması da olası kabul edilmektedir. Ayrıca, halen çay tarımı yapılan alanlar iklim değişikliğinden etkilenerek çay bitkisinin yetişmesi için gerekli optimum sınırların dışına çıkabilecektir. 2075 yılına kadar çay tarımına uygun optimum ekolojik koşulları içeren bölge alanının %22.5 oranında azalması beklenirken, optimum ekolojik koşulları içeren tarımsal alanların 2025 yılına kadar %8 oranında artması beklenmektedir (Muoki, vd., 2020). Doğu Afrika başta olmak üzere dünyada çay yetiştirilen alanların 2050 yılına kadar %55 oranında azalabileceği tahmin edilmektedir (FAO, 2019).

Kenya'da iklim değişikliğine bağlı olarak çay tarımında farklı alanlarda sorunlar meydana gelmiştir. Taze çay yaprak verimindeki dolu zararı ile tahmini kayıp yılda 2.7 milyon kilogramdır (Bore vd., 2011). Yağışların miktar ve yağış rejimi yönünden değiştiği ve bu değişikliklerin çay tarımı için olumsuz nitelikte olduğu belirtilmektedir. Bazı aylar kısa bir süre boyunca yoğun yağış almakta ve ardından uzun süreli kurak dönemler gelmektedir (Duan, 1992). Toprak taban suyunda mevsimlere bağlı olarak artış meydana gelmiştir. Kenya'da don olayı çok daha az görülmele birlikte, meydana geldiğinde çok büyük kayıplar meydana getirmektedir. Gölge ağaçlarının dikilmesinin don oluşma ihtimalini azalttığı ve dolayısıyla çay bahçelerinde don zararını azalttığı gösterilmiştir (Bhagat vd., 2016). Kenya farklı iklim olayları sonucunda çay bahçelerinin olumsuz etkilerini yaşayan bir ülkedir. Şekil 6' da kuru çay üretim grafiğine göre yıllara bağlı etki daha net görülmektedir. 5 yıl önce alınan verilerde kuru çay üretim verilerinin yıllara bağlı yakın değerleri elde edilmişken, son 5 yılda değişim daha yoğun yaşanmıştır.



Şekil 6. Kenya 2010- 2020 kuru çay üretimi (ton) (FAO, 2023).
Figure 6. Kenya 2010- 2020 dry tea production (tons) (FAO, 2023).

Kenya, dünyada Afrika kıtasında en fazla çay üreten ülkedir. Küresel ısınmaya bağlı sıcaklık artışı Kenya'da yoğun olarak görülmektedir. Ayrıca dolu ve don zararı kısa süreli ani yağışlar da çay tarımını olumsuz etkilemektedir. Şekil 7'de görüldüğü üzere yıllara bağlı sıcaklık ve yağış dağılımı sebebiyle keskin farklar oluşmaktadır.



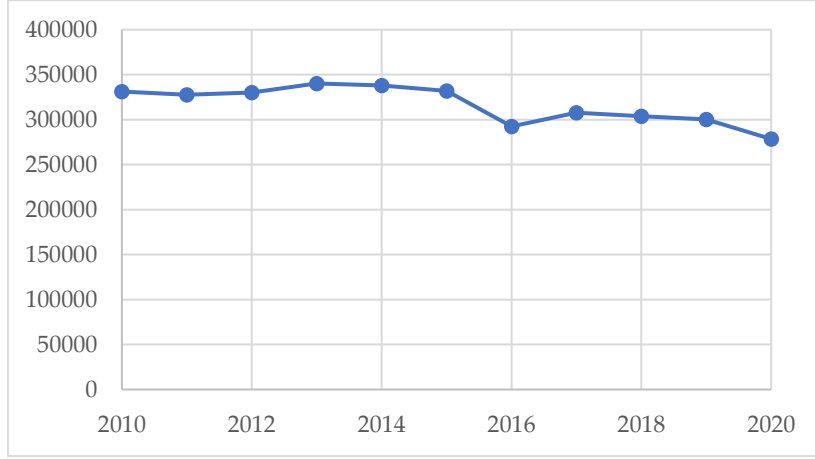
Şekil 7. Kenya 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).
Figure 7. Kenya 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).

Kenya çay tarımında üretim, verim ve kuru çay üretiminde dalgalanmaların olduğu bunun da en büyük nedenlerinden bir tanesinin küresel ısınma olduğu söylenebilir.

Küresel Isınmanın Sri Lanka Çay Tarımına Etkileri

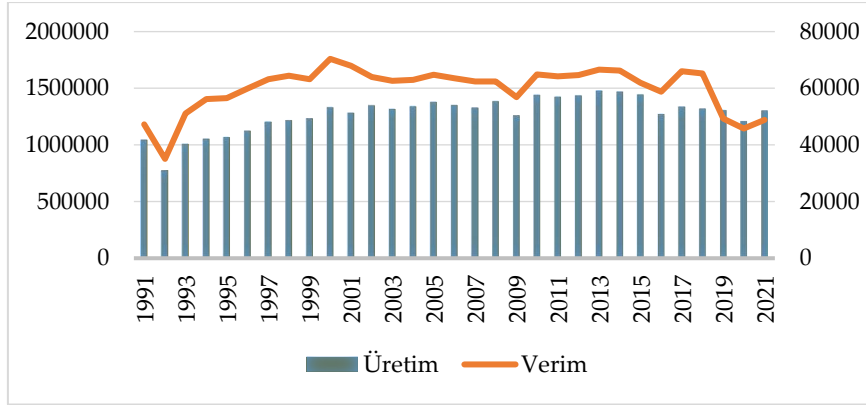
Çay, endüstrisi, ihracat gelirleri ve istihdam olanakları sağlaması açısından Sri Lanka ekonomisinde önemli bir rol oynamaktadır. Bir asırdan fazla bir süre boyunca çay endüstrisi ana istihdam sağlayıcı, döviz kaynağı ve geliri kaynağıdır (Thushara, 2015). Wijeratne vd., (2007), iklim değişikliği üzerine yapmış oldukları çalışmalarda; ürün modeline göre yapılan verim projeksiyonları, artan sıcaklıkların ve azalan yağışların, ülkenin yüksek rakıma sahip yağış alan bölgeleri hariç birçok çay yetiştirme bölgesinde çay verimini azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışma sonuçlarında iklim değişikliği nedeniyle çay veriminin yüksek rakımlarda artacağını, düşük rakımlarda ise verimin muhtemelen düşeceğini öngörmüşlerdir. Jayasinghe ve Kumar (2019), iklim modeli projeksiyonlarını kullanarak, Sri Lanka'nın çay yetiştiriciliği için en uygun bölgelerinin önümüzdeki 30-50 yıl boyunca yaklaşık %10.5'lik bir düşüşe uğrayacağını belirtmişlerdir.

Sri Lanka'daki çay bahçelerinde sulama neredeyse hiç yapılmamaktadır. Bu nedenle, kuru hava koşulları çay bahçelerinde önemli düzeyde kayıplara neden olmaktadır (De Costa vd., 2007). 1992 yılında kuru hava nedeniyle mali kaybın yaklaşık 70 milyon ABD doları olduğu tahmin edilmektedir. Kuraklık etkileri, kötü toprak koşullarına sahip daha sıcak bölgelerde, yani ülkenin alçak ve orta çay yetiştirme bölgelerinde daha belirgin olduğu bildirilmektedir (Bhagat vd., 2016). Ülkede küresel ısınmanın çayda üretim ve mali kayıplara etkisi Şekil 8'de verilmiştir. 2015 yılı sonrasında Sri Lanka kuru çay üretiminde azalmanın olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Sri Lanka 2010- 2020 kuru çay üretim (ton) (FAO, 2023).
Figure 8. Sri Lanka 2010- 2020 dry tea production (tons) (FAO, 2023).

Sri Lanka, dünya çay üretim verilerinde son yıllara kadar dördüncü sırada iken en son verilerde beşinci sıraya düşmüştür. Bunun sebebinin küresel ısınmaya bağlı olarak Sri Lanka da verim düşüklüğünün ve yaş çay üretiminde de azalmanın meydana geldiği Şekil 9'da görülmektedir.



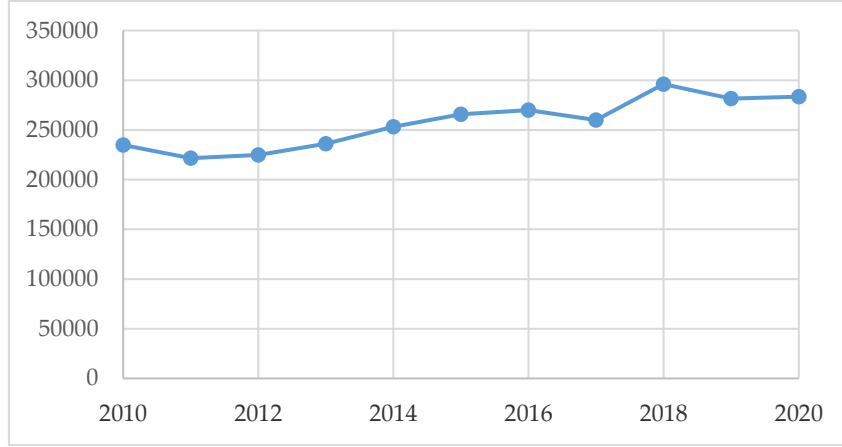
Şekil 9. Sri Lanka 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).
Figure 9. Sri Lanka 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).

Sri Lanka çay tarımında dalgalı üretim artışları olmasına karşın verim ve kuru çay üretiminde düşmelerin olduğu bunun da en büyük nedenlerinden bir tanesinin küresel ısınma olduğu söylenebilir.

Küresel Isınmanın Türkiye Çay Tarımına Etkileri

Türkiye, dünyada çayın yetiştirildiği en kuzey bölgede yer almaktadır. Çay, sudan sonra dünya çapında en çok tüketilen içecektir (Otten, 2010). Çin toplam miktar olarak en büyük tüketici ülke olmasına karşın kişi başına çay tüketiminde dünyanın en büyük tüketicisi kişi başına yıllık 6.87 kg ile Türkiye'dir (Karapetyan, 2022). Yıldız ve Midilli (2022), Kişi başı tüketim değerinin yüksek olmasının sebeplerini, çayın keyif verici özelliği ile Türklerin damak zevkine yerleşmiş olmasına ve gün içinde defalarca tüketilebilmesine bağlamaktadır. Şekil 10'da kuru çay üretim miktarındaki değişimler verilmiştir.

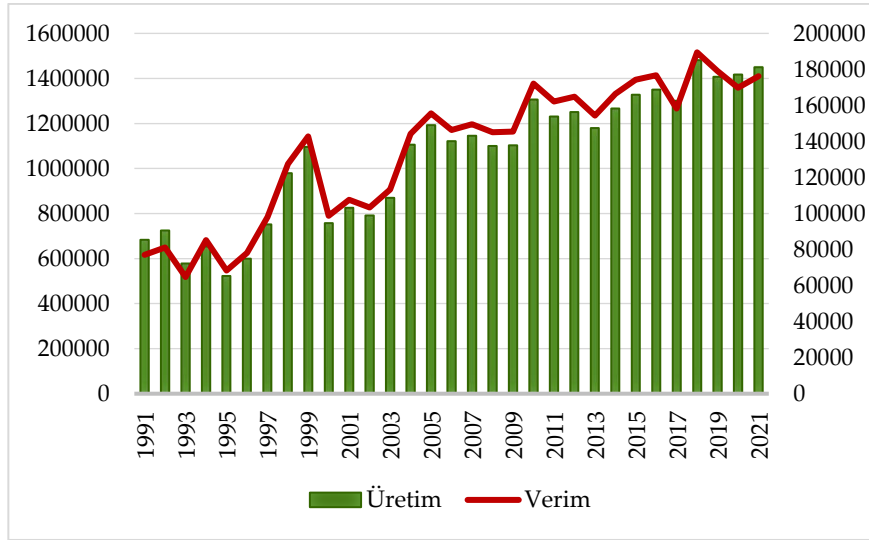
Türkiye’de 10 yıllık zaman zarfında kuru çay üretim artış görülmesine karşın, son 3 yıl içinde düşüş görülmektedir. Küresel ısınmanın da etkisi ile meydana geldiği düşünülen bu durumun, ilerleyen yıllarda devam etmesi kuru çay satış fiyatlarında artışa neden olacaktır. Sonuç olarak Türk vatandaşlarının en fazla tükettikleri içeceği satın alma gücünün azalması kaçınılmaz olacaktır.



Şekil 10. Türkiye 2010- 2020 kuru çay üretimi (ton) (FAO, 2023).

Figure 10. Turkey 2010- 2020 dried tea production (tons) (FAO, 2023).

Türkiye yaş çay üretimi yıllara bağlı dalgalanmalar yaşanmakta ve son yıllarda verim düşüklüğü görülmektedir (Şekil 11). Verim kaybına birçok etken sebep olmakla birlikte küresel ısınmanın da doğrudan ve dolaylı olarak etki ettiği söylenebilir.

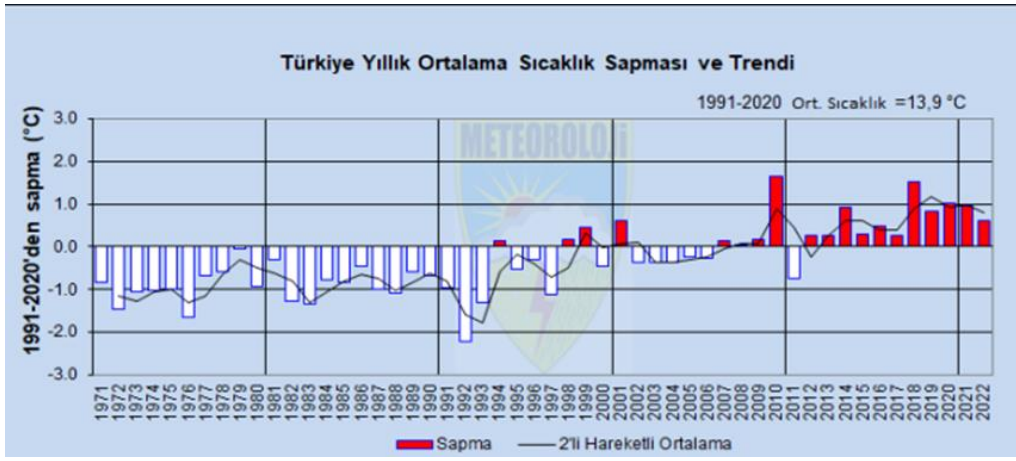


Şekil 11. Türkiye 1991- 2021 yaş çay üretimi ve verimi (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).

Figure 11. Turkey 1991- 2021 fresh tea production and yield (hg ha⁻¹) (FAO, 2023).

Türkiye Çay Tarım Alanları İklim Verileri

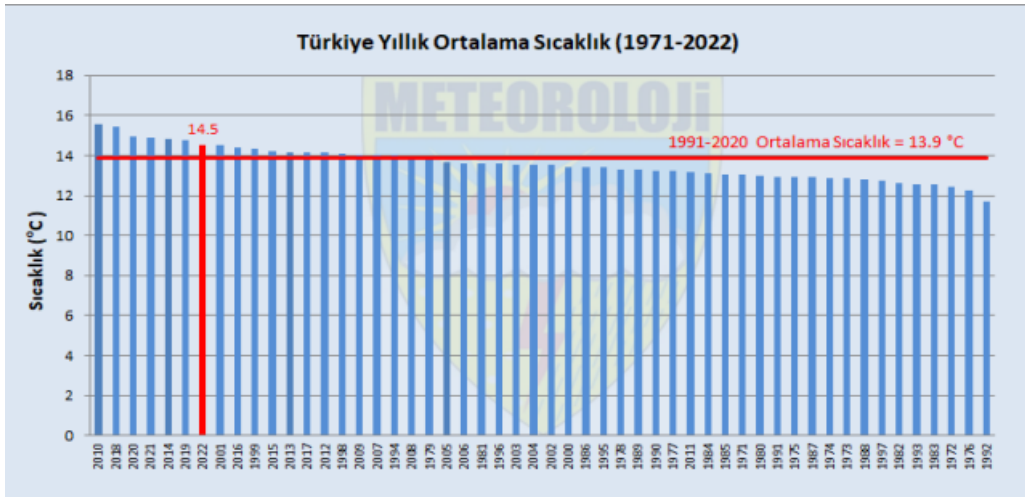
Ülkemizde sıcaklık ortalamaları yıllara bağlı olarak artmaktadır. Türkiye uzun yıllık sıcaklık sapması verilerine göre 2007 yılından itibaren (2011 hariç) sıcaklık ortalamalarında pozitif yönde sapma meydana geldiği, 1991-2020 yılı ortalama sıcaklıkları 13.9°C olarak hesaplandığı belirtilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Türkiye yıllık ortalama sıcaklık farkları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, [MGM], 2023).

Figure 12. Türkiye annual average temperature differences (MGM, 2023).

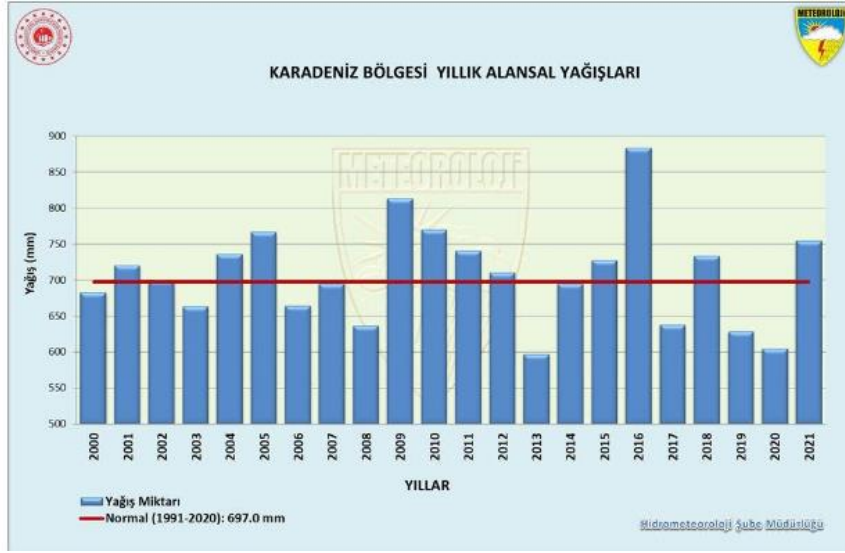
2022 yılı ortalama sıcaklıkları 1971-2022 yılı içerisinde en sıcak yedinci yıl olarak ölçülmüş ve yıllık sıcaklık ortalaması 14.5°C olarak hesaplanmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Türkiye yıllık ortalama sıcaklık sıralaması (MGM, 2023).

Figure 13. Türkiye annual average temperature ranking (MGM, 2023).

2022 yılında, Batı Karadeniz ve Doğu Karadeniz sahil şeridi 1000 mm üzerinde yağış alırken, Rize ve Artvin çevresinde yağışlar 1600 mm üzerine çıkmış, bu durum özellikle toprak erozyonuna neden olmuştur. Ülkemiz çay havzasında yağışlı gün sayısı 2022 yılında 125-150 gün üzerine çıkmış bu da özellikle düz alanlarda bulunan çaylıklarda su baskını stresine neden olmuştur (MGM, 2023). Karadeniz bölgesi yıllara bağlı olarak yağış düzensizliği görülen bir bölgedir. 2019-2020 yıllarına uzun yıllık ortalamalara göre az yağış almışken, 2021 yılında yağış miktarında artış görülmüştür (Şekil 14). Fakat yıl içi ortalama artış miktarından ziyade, yağışların yıl içi dağılımı tüm tarım ürünlerinde olduğu gibi çay tarımında da önemli bir faktördür.



Şekil 14. Karadeniz bölgesi 2000-2021 yıllık alansal yağış verileri (MGM, 2023).
Figure 14. Black Sea region 2000-2021 annual areal precipitation data (MGM, 2023).

Ülkemizde çaylık alan bakımından %65 ve üretici sayısından %63 lük dilime sahip olan Rize ilinde, 1928-2022 ortalama iklim verilerinde ortalama sıcaklıkların en yüksek seviyelere çıktığı zaman diliminin son yılları kapsayan aylar olduğu görülmektedir. Ayrıca yağış dağılımının da düzensiz olarak gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Rize ili 1928-2022 ortalama iklim verileri (MGM, 2023).

Table 1. Rize province 1928-2022 average climate data (MGM, 2023).

Rize	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.8	6.8	8.1	11.7	16.0	20.3	22.9	23.3	20.3	16.4	12.3	8.8	14.5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.7	10.8	11.9	15.4	19.4	23.6	26.0	26.5	24.0	20.4	16.5	12.9	18.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.8	3.7	4.9	8.4	12.7	16.7	19.6	20.1	16.9	13.1	9.1	5.7	11.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.2	3.1	3.6	4.6	5.7	6.6	5.4	5.2	5.0	4.2	3.0	2.2	4.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14.72	14.27	15.77	14.52	14.20	14.08	13.69	14.25	14.62	14.82	13.55	14.14	172.6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	232.6	185.7	161.6	95.4	96.5	134.2	150.7	196.0	258.2	294.5	253.4	243.2	2302.0
En Yüksek Sıcaklık (°C)	26.6	28.1	32.6	35.8	38.2	36.1	35.4	35.6	35.0	33.8	30.4	26.7	38.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.5	-6.6	-7.0	-2.8	4.0	7.8	12.0	13.4	4.6	2.5	-2.6	-4.0	-7.0

1991-2020 ile 2022 yılı sıcaklık ortalamaları (MGM, 2023), karşılaştırıldığında Türkiye'de çay tarımının yapıldığı alanlarda sıcaklık artışının kıyı şeritlerden yüksek rakımlara doğru genişlediği belirtilmektedir. Bu durum, ileriki yıllarda sıcaklık artışına bağlı olarak yağışın azaldığı dönemlerde çay tarımında sulama ihtiyacını doğacağını göstermektedir. Ayrıca sıcaklık artışının ve yağış dağılımında düzensizliklere bağlı olarak çay hasat tarihlerinde, sürgün verimlerinde değişimlerin olacağını öngörülebilir.

Mevsimsel iklim değişkenliklerinin etkisi toplamda olduğu kadar sürgün dönemlerine göre verim ve kalite üzerine etki yapacaktır. Ülkemiz çay alanlarında ilk sürgün hasat döneminde (mayıs) yağış miktarı düşük olmasına karşın, yağışlı gün ve güneşlenme süresi yüksektir. İkinci sürgün hasat döneminde ise (temmuz) yağış miktarı ilk sürgün hasat dönemine göre yüksek olmasına karşın yağışlı gün ve güneşlenme süresi daha düşüktür. Bu durum çay bahçelerinin topoğrafik konumu, rakımı ve çay bahçesinin yaşına bağlı olarak değişiklik gösterebilmekle beraber su baskını stresi ve kuraklık stresine neden olabilir ayrıca güneşlenme süresinde azalma çayın kalitesinde olumsuzluğa sebep olabilir.

Küresel Isınmanın Türkiye Çay Tarım Alanlarında Etkilerine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Türkiye'nin içinde bulunduğu bölgenin su kıtlığı, kuraklık ve toprak erozyonu sorunları ile karşı karşıya olması, Türkiye'yi küresel ısınmanın zararlı ve şiddetli etkilerini en önce yaşayacak ülkeler arasına sokmaktadır (Doğan, 2005). 1991-2012 yıllarında sıcaklık değişimlerini referans alarak yapmış oldukları gelecek dönem projeksiyon çalışmasına göre, 2021-2050 dönemi için Türkiye'de ortalama sıcaklığın 0.15-1.20°C aralığında artacağı öngörülmektedir. Ayrıca, yağışsız gün sayısında ve kurak dönem sıklığında artış olacağı tahmin edilmektedir (Karapınar vd., 2020).

Bölgesel iklim modeli tahminlerine göre, Türkiye'de çay üretiminin yapıldığı her mevsim yağışlı nemli ılıman bir iklimle nitelenen hatta okyanusal bir ikliminin görüldüğü Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, günümüz iklimine göre gelecekte daha çok yağış alacağı öngörülmektedir. Doğu Karadeniz bölgesinde kış yağışlarında artışlar gerçekleşebilir. Buna göre, farklı senaryo ve model sonuçlarının da gösterdiği gibi, Türkiye'de gelecekte bazı mevsimlerde günümüze göre daha yağışlı ve yağışların özellikle topografyanın da etkisiyle çoğunlukla sağanak ve gök gürültülü sağanak yağışlar şeklinde gerçekleşebileceği; ülkenin Doğu Karadeniz bölümlerinin de, sel ve taşkınlar ile bunlara bağlı olarak etki ve sıklıkları artabilecek olan kütle hareketlerinden ve arazi bozulumundan daha fazla etkilenebileceği beklenmelidir (Turp vd., 2014).

Sıcaklıktaki artış, kimyasal gübrelerden besin maddelerinin salınması için gereken süreyi ve yarayışlılığını azaltırken, topraktaki organik maddenin mikroorganizmalar tarafından tüketilmesini hızlandırmaktadır. Yoğun günlük yağış, verimli üst toprakları ortadan kaldıran şiddetli sellere veya toprak kaymalarına neden olabilmektedir (Bhagat vd., 2016). Dünyada çay tarım alanlarında görülen sorunlar, iklim değişikliğinin etkileri daha yoğun hale geldikçe Türkiye'de de görülecektir. Ayrıca Türkiye'de çay tarım alanlarında toprakla ilgili en önemli sorun düşük pH seviyesidir. Asitli toprakların rehabilitasyonu önemli bir küresel sorundur. Önlem alınmazsa iklim değişikliği sonucu görülecek aşırı yağışlar toprak asitliğini daha da arttıracaktır. Kuraklık, sel ve çok soğuk veya sıcak hava gibi ekstrem iklim olayları, çay üretimi ve sürdürülebilir kalkınma için ciddi sorunlara neden olacağı öngörülmektedir (Yazıcı, 2021).

Beringer vd., (2020), yapmış oldukları LPJmL ürün modeli çalışma sonuçlarına göre farklı sıcaklık senaryolarını ele alarak su stresine maruz kalmayan çaylıkların küresel ısınmaya bağlı olarak CO₂ miktarının da artışı ele alındığında verimlerinde artış meydana gelebileceğini ve Türkiye'nin de verim artışı olacak ülkeler arasında olduğunu ortaya koymuşlardır.

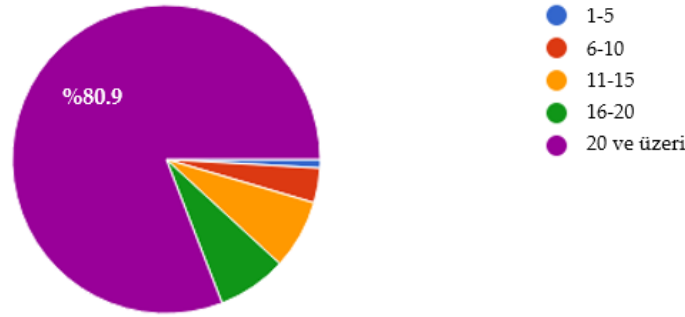
İklim değişikliği aşırı meteorolojik olaylarda artışa, daha sıcak ve daha az yağışlı iklim koşullarına, su kaynaklarında azalmaya, kuraklık şiddetinde artışa, su ve toprak kalitesinin bozulması, ekosistemin bozulması, biyolojik çeşitliliğin azalması, ekolojik alanların kayması, çay üretiminin ve kalitesinin düşmesi, haşere ve hastalıkların artması, gübreleme sorunları, tarım ilaçları ve sürdürülebilir çay tarımı sorunları, mevcut veya yeni çay zararlılarının gelişmesine ve yayılmasına yol açarak çay tarımını tehdit edebilir. Bu nedenle, dünya çay tarımında olduğu gibi Türkiye'de de çay tarımında iklim değişikliğine

karşı gerekli önlemlerin alınması önemlidir. Bu bağlamda, iklim değişikliğinin gözlenen ve tahmin edilen etkilerine karşı çay ürünü arzını sürdürülebilir kılmak için alınması gereken önlemler gen kaynaklarının korunması, ıslahı, kuraklığa, sıcağa, dona, hastalık ve zararlılara dayanıklı çeşitlerin seçimi, toprak yönetimi, ekosistem yönetimi, hastalık ve zararlı yönetimi, su yönetimi, atık yönetimi, eski ve verimsiz çay bahçelerinin yenilenmesi ve gençleştirilmesi, altyapı iyileştirme çalışmalarının kısa, orta ve uzun vadeli planlanması ve bu sorunlar üzerinde gerekli tarım politikalarının ivedilikle belirlenmesi gerekmektedir (Yazıcı, 2021).

Türkiye Çay Havzasında Üreticiye Yönelik Anket Çalışması ve Sonuçları

Çay üreticilerinin küresel ısınma konusunda farkındalıklarını ölçmek, çay bahçelerinde küresel ısınmanın etkilerini anlamak ve alınabilecek tedbirleri yorumlamak adına üreticilere farklı sorular Google forms vasıtasıyla yöneltilmiştir.

Ankete katılan katılımcıların %80.9'u, 20 yaş ve üzeri çaylığa sahip olduğunu, % 0.9'u 1-5 yaş aralığına sahip çaylıklarda üretim yaptıklarını belirtmiştir (Şekil 15). Bu veri üreticilerden daha güvenilir gözlem ve bilgilerin alındığının bir göstergesi olarak kabul edilebilir.



Şekil 15. Çaylıklara ait yaş aralığının dağılımı.
Figure 15. Distribution of the age range of the tea garden.

ÇAYKUR (Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü) bünyesinde kayıtlı üreticilerin yedi yılda bir çayda budama yapması zorunludur. Katılımcıların ise %98.2'si gençleştirme budaması yapmakta olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 2). Bu durum, özel sektöre çay veren üreticilerin de ankete katıldığını göstermektedir. Budama ile çay hem verim artışı sağlamakta hem de güçlenmektedir. Bu sayede stres koşulların dayanımı da artmış olabilmektedir.

Çizelge 2. Çay üreticilerine yöneltilen bazı sorular ve yanıtların dağılımları.

Table 2. Some questions asked to tea producers and distribution of answers.

Sorular	Yanıtların % dağılımları	
	Evet	Hayır
Çaylıkta gençleştirme budaması yapıyor musunuz?	98.2	1.8
Çaylıkta geçmiş yıllara oranla verimde azalma görüldü mü?	70.9	29.1
İkinci ve üçüncü sürgün veriminde azalma oldu mu?	80.9	19.1
Çaylıkta çiçek ve tohum oluşumu geçmiş yıllara oranla arttı mı?	39.1	60.9
Çaylıkta ilk sürgün hasat geçmiş yıllara oranla erkene geliyor mu?	38.2	61.8
Çaylıklarınızda aşırı yağışlar sebebi ile toprak erozyonu yaşadınız mı?	55.5	44.5
Son yıllarda çaylıkta kurumalar görüldü mü?	50.9	49.1

Üreticilerin %70.9'u çaylıklarında verimde azalma olduğunu, %80.9'u ikinci ve üçüncü sürgün veriminde azalmanın daha fazla olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 2). Sıcaklık artışı ve kuraklık bitkilerde verim ve kaliteyi olumsuz engelleyen bir abiyotik stres faktörüdür. Çay, çok yıllık bir bitki olması yıllara bağlı

olarak köklerinin bulunduğu ortamda suyu aramak için gelişmesine olanak sağlamıştır. Fakat uzun süren kuraklıklar verim kaybına sebep olmaktadır. Kurak koşullar bitkide öncelikli olarak gövde uzamasını azaltarak suya ulaşmak için kök uzamasını arttırmakta kuraklığın devam ettiği ileriki dönemde ise gövde ve kökte gelişimin durduğu yaprak alan ve sayısının azaldığı belirtilmektedir (Anjum vd., 2011). Hava sıcaklığının artışının hasat periyodlarının artışı ile doğru orantılı olmasına paralel olarak alçak kesimlerde verim kaybı yaşanmış olabilmeye karşın, yüksek rakımlarda bu durum verimi artırıcı etki yapmış olabilir. %29.1 oranında verimde azalma olmadığını beyan eden üreticilerin çaylıklarının yüksek rakımlarda olabileme ihtimali mevcuttur (Çizelge 2). İleriki çalışmalarda küresel ısınmanın etkilerine yönelik verim ve rakım karşılaştırılması konunun daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacaktır.

Katılımcıların %60.9'u çaylıkta çiçek ve tohum oluşumunun geçmiş yıllara oranla artmadığını belirtmişlerdir (Çizelge 2). Nitekim araştırmacılar da kuraklığın generatif organlarda özellikle çiçeklenme ve tohum oluşumu döneminde olmasının, meyve kaybına sebep olduğunu belirtmektedirler (Farooq vd., 2009).

Katılımcıların %61.8'i çaylıkta ilk sürgün hasat tarihinin geçmiş yıllara oranla erken döneme gelmediğini belirtmişlerdir (Çizelge 2). Yazıcı (2021) çalışmasına göre son üç yılın ve 2022 yılının benzer tarihlerde ilk sürgün hasat gerçekleşmiştir. Son 20 yıl karşılaştırıldığında hasat tarihlerinde hava sıcaklığına da bağlı olarak değişimler mevcuttur.

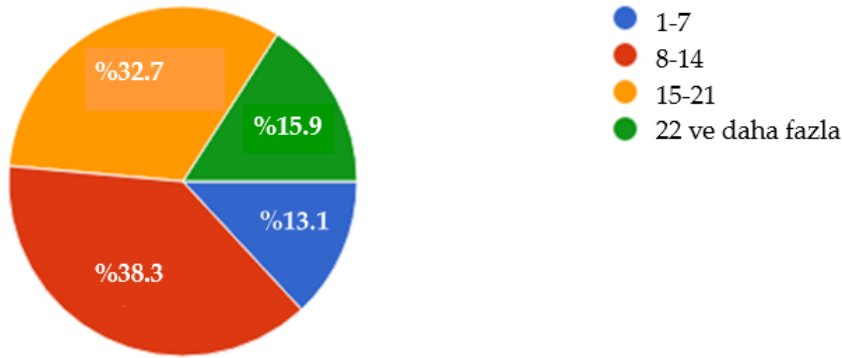
Ankete katılanları %55.5'i çaylıklarında aşırı yağışlar sebebi ile toprak erozyonu (kayması) yaşadığını belirtmiştir (Çizelge 2). Bu durum katılımcıların yarısından fazlasını ifade ettiği için büyük bir sorun olarak belirtilebilir. Küresel ısınmanın bir sonucu düzensiz ve kısa küreli ani ve bol yağışlardır. Bu durum tarımda birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. Eğimli arazilere sahip Doğu Karadeniz'de toprak erozyonunda artışlar görülmeye başlamıştır. Özyazıcı vd., (2014) çay tarım arazilerinin %70'inden fazlası su erozyonu, yetersiz toprak derinliği ve yetersiz drenajdan kaynaklanan sorunlarla karşı karşıya bulunduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bu anketten çıkan sonuçlar araştırmaların sonucu ile örtüşmektedir.

Bir diğer soru olan "Son yıllarda çaylıkta kurumalar görüldü mü?" sorusuna katılımcıların %50.9'u son yıllarda çaylıkta kurumalar görüldüğünü belirtmiş ve bunun sebebi olarak çoğunlukla «Arazinin su tutmaya başlaması, kuraklık, iklim değişikliği, yağış yetersizliği, çaylığın yaşlanması, aşırı kimyasal gübreleme ve gübrenin yanlış verilmesi, havaların zamansız ısınma ve soğuması» yanıtlarını vermişlerdir (Çizelge 2).

Katılımcılara sorulan "Küresel ısınma (mevsim değişikliği) denildiğinde ne anlıyorsunuz?" sorusuna üreticiler «Kuraklık», «Yaşam şartlarının bitkiler, insanlar ve hayvanlar için değişmesi», «Mevsimlerin başlaması gereken zamandan geç başlamamalarını. Kışların daha ılık geçtiğini, yazların daha sıcak olmasını anlamaktayım», «Sıcaklık ve iklimin ani değişmesidir. Bu ve benzeri faktörlere bağlı olarak canlıların yaşam şartlarının değişmesi ya da yok olmasıdır», «Çeşitli zararlı gazların bilerek veya bilmeyerek insanlar tarafından atmosfere salınması sonucu denge bozularak iklim değişikliğine neden olmaktadır», «Mevsimlerin ortalama sıcaklık derecelerinin değişmesi», «Aşırı sıcaklık ve soğukluk, su kaynaklarının azalması, med-cezirlerin oluşması, kuraklıkların oluşması, yangınların oluşması», «Mevsim değişikliği, mevsim zamanlarında kayma, düzensiz yağmur ve buna bağlı olarak su baskınları ve heyelanlar, bitki örtüsünde ve ürün verimliliği ile hasadında değişiklikler ve sapmalar ile kuraklık gibi hususlar aklıma gelmektedir.», «Kışın yağmayan kar; yazın bitmeyen yağmur» , «Gereksiz zararlı gazların atmosfere ulaşması nedeniyle oluşan kirlilik yüzünden oluşan iklim değişiklikleri kuraklık, çölleşme, yağışlardaki dengesizlik ve sapmalar, su baskınları, tayfun, fırtına, hortum vb. meteorolojik olaylarda artışlar gibi belirtilerle kendini mevsimlerde değişiklik göstermesi» şeklinde yanıtlar vermişlerdir. Katılımcıların birçoğunun küresel ısınma konusunda bilgili ve bilinçli olduğu yanıtlardan anlaşılmaktadır.

"Geçmiş yıllarda ilk sürgün çayı en erken ne zaman hasat ettiniz?" sorusuna genel olarak En erken 5 Nisan ve Nisanın 3. ve 4. haftası olacak şekilde cevaplar verilmiştir. Soruya bağlantılı olarak "İlk sürgün

hasat zamanları arasında yıllara göre kaç günlük fark oluştu?" şeklindeki soruya yoğunluk iki (8-14 gün) ve üç haftalık (15-21 gün) fark oluştuğu yönünde yanıt verilmiştir (Şekil 16). Katılımcıların ankette belirtmiş olduğu fark yıllara bağlı olarak çayda üç sürgün hasat tarihlerinde de kendini göstermektedir. Mevsim değişiklikleri ve küresel ısınmanın da etkisiyle çay hasat tarihlerinde yıllara bağlı olarak değişiklikler görülmektedir. Çayın optimum sıcaklık isteği karşılandığında gözler uyanmaya ve sürgünler büyümeye başlamaktadır. Buda yıllara bağlı hasat tarihlerindeki değişimin nedenini ortaya koymaktadır. Yazıcı (2021), 2003-2021 yılları arasında ilk sürgün hasat tarihinin 27 Nisan ve en geç ilk sürgün hasat tarihinin de 29 Mayıs olduğunu belirtmiştir. Türkiye iklim koşullarında erken ilkbaharda görülen yüksek sıcaklıklar, hasat dönemlerinin kaymasına, erken hasada, diğer çay yetiştirilen ülkelerde olduğu gibi daha fazla hasat yapılmasına ve işlenmiş taze çay kapasitesinin artmasına neden olabileceği, ancak yağışın azalması yanında sıcaklığın artmasının çayın verimi ve kalitesi üzerinde olumsuz etkilere neden olabileceği araştırmacı tarafından belirtilmiştir.



Şekil 16. Çay üreticilerinin yıllara göre hasat tarihlerinde oluşan farklılıklar.

Figure 16. Differences in harvest dates of tea producers according to years.

“Sizin gözlemlerinizde küresel ısınmanın (mevsim değişikliklerinin) çay bitkisi üzerine etkileri nelerdir?” sorusuna «Verim ve kalite düşüşü», «Yanma-kuruma», «İlk sürgünün başlangıcın da gecikme olması, bu gecikmeye bağlı olarak 3. sürgünde ürün kaybı», «Şu an olumsuz bir etki ile karşı karşıya kalmadık. Hatta önceden rakımı yüksek arazilerde 3. sürgün çay az oluyordu. Son yıllarda 3. sürgün sonrası bile çaylar filizlenmeye başladı.», «Düzensiz, aşırı ve uzun süren yağmurlar nedeniyle yabancı ot istilası da verimi azaltmıştır.», «3. sürgün soğuk havalara denk geldiği için özellikle üründe azalma olmuştur.», «Toprağın gereğinden fazla yıkanması», «Küresel anlamda bence çayın etkilenmediğini düşünüyorum aksine aşırı soğuk ve yağışların çayı olumsuz etkilediğini düşünüyorum», «Çayda çeşitli hastalıklar oluşmaya başladı ve de çay hasat zamanı ve iki sürgün arasındaki fark azaldı» yanıtları gelmiştir. Genel olarak küresel ısınmanın sıcaklık artışı şeklinde değil, yağışların artışı ve ilkbaharda havaların serin gitmesi yanıtları gelmiş, yazın sıcaklık yükselişinin ise yüksek rakımlarda çay verimini yükselteceği konusu yeni çay alanlarının yüksek rakımlarda çay bahçesi tesisi yönünde genişlemeye olanak sağlayacağı öngörüsü ortaya atılmıştır. Katılımcıların çaylıklarının alçak veya yüksek rakımda bulunması etki dereceleri ile de eşdeğerdir. Bu nedenle rakıma göre çaylığın uğradığı hasarı anlamakta yarar vardır.

“Küresel ısınmanın (mevsim değişikliklerinin) çay bitkisi üzerine etkilerine karşı ne gibi önlemler alıyorsunuz?” sorusuna çok farklı yanıtlar gelmiştir. «Alabileceğimiz bir önlem olmadığını düşünüyorum Tek önlem verdiğimiz gübreler onun haricinde organik ahır gübresi verilebilir ve budamada zaten yapıyoruz.», «Çevre temizliğine dikkat ediyorum çevreye zarar verecek maddeleri en aza indirdim doğaya zarar vermeyen gübre kullanıyorum.», «Hayvansal gübre, organik gübre gibi daha doğal yöntemlerle çay bitkisinin daha çok besin almasını sağlamaya çalışıyoruz. Bu tarz bakımlar toprağın su tutma kapasitesinin artmasına sebep oluyor.», «Ağaçlandırma.», «Yetkililer bize bir bilgi

vermedi, bir çalışma yapılmadı, hiç bir şey yapmadım.», «Çay bahçeleri yapılırken drenaj sorunu çözülmeli ve uygun arazide (heyelan vs. olması düşük) bahçe kurulmalıdır. Sıkça yabancı ot temizliği yapılarak çay bitkisinin yeterli besini alması sağlanmalıdır. Çay setleri arasındaki boşluklar azaltılmalıdır. Toprağa ve yöreye uygun, dayanıklı çay bitkisi çeşitleri tespit edilerek dikilmelidir. Yeni kurulacak bahçelerde, yer şekline, arazi uygunluğuna, bitki çeşidinin uygunluğuna dikkat edilerek profesyonel bahçeler oluşturulmalıdır. Üretici bilinçlendirilmeli, gelişigüzel, uygun olmayan yer ve alanlarda bahçe kurulmamalıdır.», «Budama sonrası toprağın havalandırılması, suni gübrenin azaltılması», «Çay lifi sererek çay kök kısımlarının daha serin ve ıslak kalmasını», «Deniz seviyesinden oldukça yüksek yerde ikamet etmekle birlikte (ormanın yakın) yok olan ya da yok ettiğimiz ağaçlar yerine yeni ağaçlar dikerek. Ayrıca suyu daha dikkatli kullanmaya özen göstermekteyiz.», «Çaylıkların gençleştirilmesi.», «Hiçbir önlem alamıyoruz.» (Çoğunluk bu cevabı vermiştir.). Herhangi bir bilgilendirme yapılmamasın rağmen birçok üreticinin çay tarımın küresel ısınma konusunda zarar görmesini engellemek amacıyla farklı da olsa doğru yöntemler kullandığı anlaşılmaktadır.

Çay, çok yıllık herdem yeşil bir bitki olduğundan, bu durumun yıllara bağlı olarak çaylıkların farklı sıcaklık değişiklerine karşı adaptasyon yeteneklerinin de geliştirebilmektedirler. Bitkiler, olumsuz çevre koşullarına karşı bünyelerinin en az zarar göreceği şekilde büyüme ve gelişme mekanizmalarını esnetebilir ve hatta aynı stres koşullarına uzun süre maruz kaldıklarına zarar derecesini minimum düzeyde tutacak şekilde çevre koşullarına adaptasyon sağlayabilirler (Dolferus, 2014.) Ülkemizde ilk çaylıklar 1937 yılında kurulmaya başlanmıştır. Farklı çevre şartlarına yıllarca maruz kalan çaylıklar olumsuz koşullara adaptasyon sağlamış olabilir. Bu durum küresel ısınmanın zarar derecesini tamamen ortadan kaldırmayacak olsa da etki derecesini azaltacak bir pozitif gelişimdir. Her yıl yeni çaylıklar tesis edilmeye devam etmektedir. Yeni kurulan bahçeler kuraklığa karşı daha hassas durumdadır ve etkilenme yönünden tehlike altındadır. Eski bahçelerdeki dayanıklılık görüntüsünün yeni kurulacak bahçeler için de geçerli olduğu düşünülmemelidir. Kurulacak çaylıkların geliştirilmiş ve geliştirilecek kuraklığa (abiyotik strese) tolerant çay çeşitleri ile kurulması gerekmektedir.

SONUÇ

Çin, Hindistan, Kenya ve Sri Lanka'da geçmiş yıllara oranla çay üretim alanlarının ve özellikle verimin azalmasında küresel ısınmanın etkisinin deniz seviyesi ile yüksek rakımlara göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Çin dünya çay tarımında açık ara ilk sırayı almasına karşın, küresel ısınmanın etkisi ile azalan verime karşı alması gereken tedbirler dünya çay üretim miktarı açısından çok büyük önem arz etmektedir. Kenya'da iklim koşulları sebebiyle yok olmaya başlayan çaylıklar sebebiyle küçük çaplı üreticilerin gelirinin azalması yanında ülke ekonomisi açısından ciddi boyutta etkiler yapabileceği öngörülebilir. Hindistan ve Sri Lanka'daki çay üretimlerinde de hem sıcaklık artışı hem de yağış azalmaları sebebi ile düşüş miktarının artacağı öngörülmektedir.

Çay tarımında söz sahibi olan diğer üretici ülkeler ile karşılaştırıldığında Türkiye küresel ısınma konusunda en kuzeyinde yer alan ülke olması sebebi ile avantajlı konumdadır. Bu avantajı kullanabilmek için düz ve düze yakın çaylıkların su baskını stresine dayanıklı çeşitler ile kurulması ve drenaj sistemi tesis edilmesi gerekmektedir. Çaylıkların teras (set) şeklinde kurulması zorunlu tutulmalı, bu şekilde toprak erozyonu önlenmelidir. Budaması yapılan çaylıkların çapalanarak organik gübre, çay lifi ve tarım kireci uygulaması konusunda üretici teşvik edilmelidir. Ticari gübrenin önerilenden fazla atılmasının zararı ve küresel ısınma konusunda üreticiler bilgilendirilmelidir. Tüm bu önlemler yeni görülmeye ve yoğunluğu artmakta olan hastalık ve zararlıları da engelleyecektir.

Stres koşullarına dayanıklı (su baskını stresi, kuraklık stresi) çeşitlerin elde edilmesine yönelik ıslah çalışmaları yapılmalıdır. Yüksek rakımlardaki çay yetiştiriciliğinde verim ve kalitenin küresel ısınma ile arttığı düşünülmektedir. Ankete katılan üreticilerin ve Türkiye çay alanlarında küresel ısınmaya bağlı olarak oluşan etkilerin daha iyi anlaşılması için rakım farklarına bağlı olarak yapılacak yeni çalışmalara da ihtiyaç bulunmaktadır. Ülkemizde çay konusunda halen devam eden araştırmaların biyotik ve abiyotik stres konularıyla birlikte detaylandırılarak yapılmasında büyük yarar görülmektedir. Türkiye'de çay tarımı coğrafi ve iklim yönünden uygunluğuyla Doğu Karadeniz bölgesinin tarım desenine ve sosyo-

ekonomik yapısına etki yapan en önemli faktördür. Bölgede çayı sürdürülebilir kılmak tüm paydaşların ortak hedefi olmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKISI

Songül YILDIZ ve Muharrem ÖZCAN makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Ahmed, S., Stepp, J. R., Orians, C., Griffin, T., Matyas, C., Robbat, A., Cash, S., Xue, D., Long, C., Unachukwu, U., Buckley, S., Small, D., & Kennelly, E. (2014). Effects of extreme climate events on tea (*Camellia sinensis*) functional quality validate indigenous farmer knowledge and sensory preferences in tropical China. *Plos One*, 9(10), e109126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109126>
- Ahmed, S., Griffin, T. S., Kraner, D., Schaffner, M. K., Sharma, D., Hazel, M., Leitch, A. R., Orians, C. M., Han, W., Stepp, J. R., Robbat, A., Matyas, C., Long, C., Xue, D., Houser, R. F., & Cash S. B. (2019). Environmental factors variably impact tea secondary metabolites in the context of climate change. *Frontiers in Plant Science*, 10(939). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00939>
- Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stres. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.027>
- Azapagic, A., Bore, J., Cheserek, B., Kamunya, S., & Elbehri, A. (2016). The global warming potential of production and consumption of Kenyan tea. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4031–4040. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.029>
- Baruah, P., & Handique, G. (2021) Perception of climate change and adaptation strategies in tea plantations of Assam, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 165. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08937-y>
- Beringer, T., Kulak, M., Müller, C., Schaphoff, S., & Jans, Y. (2020). First process-based simulations of climate change impacts on global tea production indicate large effects in the world's major producer countries. *Environmental Research Letters*, 15, 034023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab649b>
- Bhagat, R., Ahmed, K. Z., Gupta, N., Baruah, R. D., Wijeratne, M. A., Bore, J. K., Nyabundi, D. W., Han, W., Li, X., Yan, P., & Ahammed, G. J. (2016) Report of the Working Group on Climate Change of the FAO Intergovernmental Group on Tea; Technical Report for Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/i5743e/i5743e.pdf>
- Biggs, E. M., Gupta, N., Saikia, S. D., & Duncan, J. M. A. (2018). Tea production characteristics of tea growers (plantations and smallholdings) and livelihood dimensions of tea workers in Assam. *India. Data in Brief*, 17, 1379-1387. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.02.056>
- Boehm, R., Cash, S. B., Anderson, B. T., Ahmed, S., Griffin, T., Robbat, A. J., Stepp, J. R., Han, W. Y., Hazel, M., & Orians, C. M. (2016). Association between empirically estimated monsoon dynamics and other weather factors and historical tea yields in China: Results from a yield response model. *Climate*, 4, 20. <https://doi.org/10.3390/cli4020020>
- Bore, J. K., Cheserek, B. C., Ng'etich, W. K., & Yegon, S. K. (2011). An analysis of the incidences of hail damage in tea areas of Kenya. *Tea*, 32(1), 15-20
- De Costa, W. A. J. M., Mohotti, A. J., & Wijeratne, A. M. (2007). Ecophysiology of tea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 299–332. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400005>
- Ding, Y., Wang, Z., & Sun, Y. (2008) Inter-decadal variation of the summer precipitation in East China and its association with decreasing Asian summer monsoon Part I: observed evidences. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 28, 1139–61. <https://doi.org/10.1002/joc.1615>
- Doğan, S. (2005). Türkiye'nin küresel iklim değişikliğinde rolü ve önleyici küresel çabaya katılım girişimleri. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 6(2), 57-73.
- Dolferus, R. (2014). To grow or not to grow: A stressful decision for plants. *Plant Science*, 2229: 247-261. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.10.002>

- Duan, L. (1992). Investigations on the physiology of tolerance in plantation crops. Effects of water stress on the growth of tea plants. *Tea Science and Technology Bulletin*, 1, 12-15
- Duncan, J. M. A., Saikia, S. D., Gupta, N., & Biggs, E. M. (2016). Observing climate impacts on tea yield in Assam, India. *Applied Geography*, 77, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.10.004>.
- Esham, M., & Garforth, C. (2013). Climate change and agricultural adaptation in Sri Lanka: a review. *Climate and Development*, 5, 66-76. <https://doi.org/10.1080/17565529.2012.762333>
- FAO (2019). Food and Agricultural commodities production database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://faostat.fao.org/faostat/en/#data/QC>. [Access date: 22.11.2021].
- FAO. (2023). Food and Agricultural commodities production database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [Access date: 02.11.2023].
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable Agriculture*, 29, 185-212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>
- Gesimba, R. M., Langat, M. C., Liu, G., & Wolukau, J. N. (2005). The tea industry in Kenya; The challenges and positive developments. *Journal of Applied Sciences*, 5, 334-336. <https://doi.org/10.3923/jas.2005.334.336>
- Goswami, R. (2016). Climate map rings Assam tea alarm. <https://www.telegraphindia.com/states/north-east/climate-map-rings-assam-tea-alarm/cid/1414919>. [Access date: 12.01.2020].
- Gürel, A., & Şenel, Z., (2010, Eylül 22-24). Tarım ve iklim değişikliği ilişkisinde alınması gereken önlemlerin tarımsal yayım açısından irdelenmesi. *Türkiye 9. Tarım Ekonomisi Kongresi*, 2. Cilt, 728-739.
- Han, W. Y., Huang, J. G., Li, X., Li, Z. X., Ahammed, G. J., Yan, P., & Stepp, J. R. (2017) Altitudinal effects on the quality of green tea in east China: a climate change perspective. *European Food Research and Technology*, 243, 323-330. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2746-5>
- Jayasinghe, S. L., & Kumar, L. (2019) Modeling the climate suitability of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] in Sri Lanka in response to current and future climate change scenarios. *Agricultural and Forest Meteorology*, 272, 102-117. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.03.025>
- Kahn, B. (2015). Climate change poses a brewing problem for tea. Climate Central. <http://www.climatecentral.org/news/climate-change-altering-tea-industry-19071>. [Access date: 25.01.2020].
- Karapetyan, A. S. (2022). Physiological Effects Of Tea. *Молодежный инновационный вестник*, 11(1), 19-20.
- Karapınar, B., Özartan, G., Tetsuji, T., An, N., Tufan, M., & Turp, M. T. (2020). Sustainability of agricultural product supply under the impact of climate change. *TÜSİAD*, 3, 616, ISBN: 978-605-165-045-6.
- Korkmaz, K. (2007). Küresel ısınma ve tarımsal uygulamalara etkisi. *Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Alatarım Dergisi*, 6(2), 43-49.
- Kowalsick, A., Kfoury, N., Robbat, A., Ahmed, S., Orians, C., Griffin, T., Cash, S. B., & Stepp J. R. (2014). Metabolite profiling of *Camellia sinensis* by automated sequential, multidimensional gas chromatography/mass spectrometry reveals strong monsoon effects on tea constituents. *Journal of Chromatography A*, 1370, 230-239. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.10.058>
- Larson, C. (2015). Reading the tea leaves for effects of climate change. (<https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.348.6238.953>) [Access date: 25.09.2023].
- Lin, S. K., Lin, J., Liu, Q. L., Ai, Y. F., Ke, Y. Q., & Chen, C. (2014). Time-course photosynthesis and non-structural carbon compounds in the leaves of tea plants (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) in response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 144, 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.06.005>
- Lipiec, J., Doussan, C., Nosalewicz, A., & Kondracka, K. (2013) Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics*, 27, 463-77. <https://doi.org/10.2478/intag-2013-0017>
- Lou, L. (2010). Price increase of premium Longjin tea resulted from late spring coldness. *Brand and Standardization*, 7: 45.
- MacCracken, M. C. (2001). Global Warming: A Science Overview, pp. 151-159 in *Global Warming and Energy Policy*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 220 pp. (Akt: Korkmaz, K., 2007. *Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi*, *Alatarım dergisi*, 6 (2): 43-49).

- Maritim, T. K., Kamunya, S. M., Mireji, P., Mwendia, V., Muoki, R. C., & Cheruiyot, E. K. (2015). Physiological and biochemical responses of tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) to water deficit stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90, 395–400. <https://doi.org/10.1080/14620316.2015.11513200>
- MGM, (2023). T.C. Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (<https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>) [Erişim Tarihi: 25.04.2023].
- Muoki, C. R., Maritim, T. K., Oluoch, W. A., Kamunya, S. M. & Bore, J. K. (2020). Combating Climate Change in the Kenyan Tea Industry. *Frontiers in Plant Science*, 11, 339. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00339>
- Nemec-Boehm, R., Cash, R. L., Anderson, S. B., Bruce, A., Griffin, S., Orians, T. S., Robbat, C. M., Stepp, A. & Han, R. A. (2014). Climate change, the monsoon, and tea yields in China. Agricultural & Applied Economics Association's 2014 AAEA Annual Meeting, Minneapolis, MN, July 27-29. https://www.researchgate.net/publication/268391287_Climate_change_the_monsoon_and_tea_yields_in_China.
- Netto, L. A., Jayarami, K. M., & Puthuri, J. T. (2010). Clonal variation of tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) in countering water deficiency. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 16, 359–367. <https://doi.org/10.1007/s12298-010-0040-8>
- Nowogrodzki, A. (2019). The changing seasons of tea. *Nature*, 566. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00399-0>
- Ochieng, J., Kiriimi, L., & Mathenge, M. (2016). Effects of climate variability and change on agricultural production: the case of small scale farmers in Kenya. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 77, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.005>
- OKP, (2013). Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018). https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Onuncu_Kalkinma_Plani-2014-2018.pdf.
- Otten, D. (2010). Tea—Second most consumed beverage in the world. Retrieved November, 1, 2010.
- Özbucak, S., Özbucak, İ., & Özbucak, T. B. (2019, Haziran 22-23). İklim değişikliğinin fındık üzerindeki olası etkileri. 3. Uluslararası ÜNİDOKAP Karadeniz “Sürdürülebilir Tarım ve Çevre” Sempozyum Kitabı 90.
- Özyazıcı, M. A., Sağlam, M., Dengiz, O., & Erkoçak, A. (2014). Çay tarımı yapılan topraklara yönelik faktör analizi ve jeostatistik uygulamaları: Rize ili örneği. *Toprak Su Dergisi*, 3(1), 22-23.
- Pope, K. S., Dose, V., Da Silva, D., Brown, P. H., & DeJong, T. M. (2015). Nut crop yield records show that budbreak-based chilling requirements may not reflect yield decline chill thresholds. *International journal of biometeorology*, 59, 707-715. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0881-x>
- TAGEM, (2001). İklim Değişikliklerinin Tarım Üzerindeki Etkileri. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü İklim Değişikliklerinin Tarım Üzerindeki Etkileri Paneli, <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/%C4%B0iklim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi%20ve%20Tar%C4%B1m.pdf>.
- Tezara, W., Mitchell, V., Driscoll, S. P. and Lawlor, & D. W. (2002). Effects of water deficit and interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. *Journal of Experimental Botany*, 53, 1781–1791. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf021>
- Thushara, S. C. (2015, May 22-24). Sri Lankan tea industry: Prospects and challenges. Proceedings of the second Middle East Conference on global business, economics. Finance and banking (ME15Dubai conference).
- Tunç, G. İ., Aşık, S.T., & Akbostancı, E. (2007). CO₂ emissions vs. CO₂ responsibility: an inputoutput approach for the turkish economy. *Energy Policy*, 35, 855–868.
- Turp, M. T., Öztürk, T., Türkeş, M. & Kurnaz, M. L. (2014). Investigation of predicted changes for the near future air temperature and precipitation climatologies of Turkey and its surrounding regions using the RegCM4.3.5 regional climate model. *Aegean Journal of Geography*, 23(1), 1-24.
- Türkeş, M. (1997). Hava ve iklim kavramları üzerine. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 355, 36-37, Ankara.
- Varol, N., & Ayaz, M. (2012). Küresel iklim değişikliği ve zeytincilik. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(1):11-13.
- Wang, H. J., Sun, J. Q., Chen, H. P., Zhu, Y. L., Zhang, Y., Jiang, D. B., Lang, X. M., Fan, K., Yu, E. T., & Yang S. (2012). Extreme climate in China: facts, simulation and projection. *Meteorologische Zeitschrift, Fast Track*, 21(3), 279. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2012/0330>

- Wijeratne, M. (1996). Vulnerability of Sri Lanka tea production to global climate change. *Water Air Soil Pollution*, 92, 87-94.
- Wijeratne, M. A., Anandacoomaraswamy, A., Amarathunga, M. K. S. L. D., Ratnasiri, J., Basnayake, B. R. S. B., & Kalra, N. (2007). Assessment of impact of climate change on productivity of tea (*Camellia sinensis* L.) plantations in Sri-Lanka. *National Science Foundation of Sri Lanka*, 35, 119-126. <https://doi.org/10.4038/jnsfsr.v35i2.3676>
- Yalçın, G. E. & Kara, F. Ö. (2014 Eylül 3-5). *Küresel iklim değişikliğinin türkiye’de tarımsal üretime etkileri ve çözüm önerileri*, XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Türkiye.
- Yazıcı, K. (2021). Current Studies On Fruit Science,. M. Pakyürek(Ed.), (ss 301-323) Iksad Publications.
- Yıldız, S., & Midilli, A. (2022). Türkiye’de Organik Çay Üretimi ve Pazarlaması. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(2), 136-145. <https://doi.org/10.53501/rteufemud.1174700>
- Zhu, Y., Wang, H., Zhou, W., & Ma, J. (2011). Recent changes in the summer precipitation pattern in East China and the background circulation. *Climate Dynamics*, 36, 1463-1473. <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0852-9>