



MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ

MUŞ ALPARSLAN UNIVERSITY

TARIM VE DOĞA DERGİSİ

JOURNAL OF AGRICULTURE AND NATURE



Sürdürülebilir Tarım ve İklim Değişikliği

Sinan Duru^{*}

Ticaret Bakanlığı İç Denetim Birimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

*Sorumlu yazar: s.duru85@hotmail.com

Please cite this paper as follows:

Duru, S., (2025). Sürdürülebilir Tarım ve İklim Değişikliği. *Muş Alparslan Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 5(1), 21-32.
<https://doi.org/10.59359/maujan.1585443>

Derleme Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi: 14.11.2024

Kabul Tarihi: 08.04.2025



Anahtar Kelimeler:

Doğal Kaynaklar,

Gıda Güvenesi,

İklim Değişikliği,

Sürdürülebilir Kalkınma,

Tarımsal Üretim

ÖZET

Dünyadaki nüfus artışıyla tüketimin artmasına rağmen, doğal kaynakların sınırlı olması ve gelecek nesillere kalıcı olarak aktarılabilmesi gerektiği için sürdürülebilirlik kavramını ortaya çıkarmıştır. Kalkınmanın çevresel, sosyal ve ekonomik yönlerinin farklı disiplinleri bir araya getirerek, insan refahının korunmasını ve geliştirilmesini sürekli hale getirmeyi hedeflemesi de sürdürülebilir kalkınma kavramını oluşturmuştur. Birleşmiş Milletler, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak amacıyla 17 küresel amaç belirlemiş olup iklim eylemi de bu amaçlardan biri olmuştur. Küresel çapta belirlenen iklim eylemi, temel olarak iklim değişikliği ile mücadeleyi amaçlamıştır. İklim değişikliği temel olarak insanoğlu faaliyetleri sonucu oluşan sera gazı emisyonlarından kaynaklı olup sıcaklık artışı, kuraklık, sel gibi çevresel olaylara neden olmaktadır. Tarımsal üretimin, doğa koşullarına bağlı olması ve buna bağlı olarak iklim değişikliği sonucu sıcaklık, yağışın zamanı ve miktarı, havadaki karbondioksit (CO₂) miktarı, güneş ışınlamadaki ve toprak yapısındaki değişimlerden etkilenmesinin yanı sıra konvansiyonel (yoğun) tarım uygulamaları da iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu durum tarımsal faaliyetlerin Ekosistem Tabanlı Uygulamalarla (ETU) uyumlu yapılmasına ve organik tarım, iyi tarım uygulamaları gibi çevre dostu tarımsal uygulamaların yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu tarımsal üretim uygulamalarında temel amaç sürdürülebilir tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi ve gıda güvenesinin sağlanmasıdır. Sürdürülebilir tarım, karbon salınımının azaltıldığı, girdi kullanımının kontrol edildiği ve bu sayede tarımsal faaliyetlerin iklim değişikliğine etkisini azaltıldığı, doğal kaynakların gelecekte de kullanılmasını sağlayan tarımsal yapıyı oluşturmaktadır. Bu derlemede, iklim değişikliği kapsamında sürdürülebilir tarımın önemi tarımsal üretim ve gıda güvenesi kavramları ile açıklanmış olup dünyadaki gelişmeler ve beklentiler değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda sürdürülebilir tarımın uygulanması için iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ve geniş çapta benimsenmesinin zaman almasına yönelik engellerin ortadan kalkması için uygulayıcılar ve politikacıların birlikte hareket etmesi gerekli olduğu belirlenmiştir.

Sustainable Agriculture and Climate Change

Review Article

Article History

Received: 14.11.2024

Accepted: 08.04.2025

ABSTRACT

Despite the increase in consumption to population growth in the world, it has been emerged from concept of sustainability because natural resources are required to limited and must be transferred permanently



Keywords:

*Agricultural production,
Climate change,
Food security,
Natural Resource,
Sustainable development*

to future generations. With bringing together different disciplines in the ecological, social and economic aspects of development, the aim to continuously to protecting and improving human well-being has compose the concept of sustainable development. The United Nations have been determined to 17 global goals to ensure sustainable development; climate action has also been one of these goals. Globally has been determined climate action, basically on aimed at combating climate change. Climate change is sourced by greenhouse gas emissions basically on human activities, it has been caused environmental events such as temperature increase, drought and flood. As well as agricultural production is dependent on natural conditions and as well as to accordingly result of climate change is affected by changes in temperature, time and amount of precipitation, amount of carbon dioxide (CO₂) in the air, solar radiation and soil structure as a result of climate change, conventional (intensive) agricultural practices is brought about climate change. This situation has enabled agricultural activities to be carried out in accordance with Ecosystem Based Practices (ETU) and environmentally friendly agricultural practices such as organic farming and good agricultural practices to become widespread. The main purpose on these agricultural production practices is to carry out sustainable agricultural activities and ensure to food security. Sustainable agriculture is been consist of agricultural structure in which reduces carbon emissions, input use is checked and thus agricultural activities reduce the impact of climate change with natural resources are used in the future. In this review, the importance of sustainable agriculture within the scope of climate change is explained with the concepts of agricultural production and food security, and developments and expectations in the world are evaluated. As a result of the study, it was determined that practitioners and politicians need to act together to eliminate the obstacles to the implementation of sustainable agriculture, such as the negative effects of climate change and the time it takes for its widespread adoption.

1. GİRİŞ

Dünyada tarım ve gıda üretim sistemleri; nüfus artışı, doğal kaynakların aşırı kullanımı, israf ve iklim değişikliği gibi nedenlerden dolayı engeller ile karşı karşıya kalmaktadır (FAO, 2021). Bu nedenler doğrudan veya dolaylı olarak insan eylemleri sonucu oluşmakta olup doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırmakta ve üretim süreçlerini tehlikeye atmaktadır (Tahat ve ark., 2020). Bu durum hem bugünkü hem de gelecekteki nesillerin doğal kaynak ihtiyaçlarını karşılama yeterliliğini tehlikeye atmakta, tarım ve gıda üretiminde sürdürülebilir sistemlere geçişini zorunlu kılmaktadır (Sırma, 2023).

Literatürde sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak 1987'de Birleşmiş Milletler Brundtland Komisyonu raporunda gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılamak olarak tanımlanmıştır (Birleşmiş Milletler, 1987). Günümüzde sürdürülebilirlik alanında farklı disiplinlerdeki çalışmalardan dolayı birçok tanımı bulunmakla birlikte bu tanımlar en dar kapsamda insan faaliyetlerinin ekosistemi koruyacak şekilde sürdürülmesi ve bu

yaşam tarzının hayat koşullarının değişme olasılığını optimize edebilmesidir (Abson ve ark., 2014; Geissdoerfer ve ark., 2017). Sürdürülebilirlik kavramı çevresel, sosyal ve ekonomik yönleri bütünleştirerek insan refahını koruyan ve geliştirmeyi amaçlayan sürdürülebilir kalkınma ilkesini ortaya çıkarmıştır (Jeronen, 2020). Sürdürülebilir sistemlerin, sürdürülebilir kalkınmaya imkân vermesi için alt sistemleri bir bütün olarak çalıştırması ve en üst düzeyde katkı sağlaması, bu iki terimin birbirini tamamlayan yakın ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir (Glavič ve Lukman, 2007).

Sürdürülebilir kalkınma ilkesi, Birleşmiş Milletler tarafından 2030 yılına kadar ulaşılması amaçlanan 17 ana alanı ve 169 alt amacı kapsayan küresel bir amaç haline gelmiştir. Bu 17 alanı kapsayan temel amaçlar açlığın ve yoksulluğun sona erdirilmesi ile refahın eşit bir şekilde paylaşımı gibi sosyal ve ekonomik amaçların yanı sıra, çevrenin korunması ve iklim krizine karşı önlem gibi çevresel amaçları içermektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021; Birleşmiş Milletler Türkiye, 2023). Ancak bu amaçların yazılı olarak raporlaştırılmasının ötesinde ortak amaçlara yönelik

ilerlemenin doğru şekilde uygulanmasını ve izlenmesini sağlamak amacıyla küresel ortaklıkların güçlendirilerek hareket edilmesi önemlidir (Ortiz ve ark., 2021). Dünyada iklim değişikliğiyle mücadele amacıyla 1990 sonrası dönemde Birleşmiş Milletler çatısı altında yürütülen küresel ortaklıklar 1992 yılında Rio de Janeiro'da tertiplenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansında imzaya açılan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile başlamış olup 1997 yılındaki Kyoto Protokolü ve 2015 yılındaki Paris Sözleşmesi ile iklim değişikliğiyle mücadelede devletlerarası işbirliğine resmiyet kazanmıştır (Erdoğan, 2018, Dışişleri Bakanlığı, 2022). Küresel ortaklıkların oluşmasında önemli rol oynayan Avrupa Birliği tarafından oluşturulan Avrupa Yeşil Mutabakatı, karbondan arınma ile iklim değişikliği azaltma veya uyum ve sürdürülebilir sanayiye desteklemeyi amaçlamasında vatandaşları ve toplumun tüm kesimlerini iklim eylemine dahil etme örneği olarak gösterilebilir (Fetting, 2020).

İklim değişikliği, insan faaliyetleri sonucu açığa çıkan sera gazlarının atmosfer yapısını bozarak ortalama sıcaklıklarda yaşanan büyük ve uzun vadeli değişimin yanı sıra; kuraklık, sel baskınları, deniz seviyesinin yükselmesi gibi çevresel olayların görülme sıklığını artırmaktadır (Polat ve Dellal, 2016; Duru ve Parlakay, 2021). İklim değişikliği doğrudan veya dolaylı olarak insan sağlığına etkilerinin yanı sıra çevresel ve sosyal etkilere, iş kaybına, gıda ve su kıtlığı ile maliyetlerin artmasına neden olmaktadır (McMichael, 2013). Ancak insanlığın bilimsel anlayışa, teknolojik kapasiteye ve finansal araçlara sahip olması iklim değişikliğinin etkilerini azaltmada ve uyum sağlamada yardımcı olabilmektedir (Owen, 2020).

Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarından iklim krizi ile ilgili mücadele, 13 nolu iklim eylemi kapsamında yürütülmektedir. İklim değişikliğinin doğuracağı olumsuz sonuçlara ilişkin uluslararası bir kuruluşun eylem planının bulunması, küresel çapta konunun öneminin ve mücadele edildiğinin göstergesidir. İklim değişikliğinin etkilerinin dünya genelinde ve sektörler üzerinde farklılık göstermesine karşın tarım sektörünün en fazla etkilenen sektör olması nedeniyle iklim değişikliğine ilişkin genel politikalar, ülkelerin tarımsal üretim faaliyetlerini destekleme veya korumacılığı olarak ön plana çıkarmaktadır (Kıymaz, 2016; Hayaloğlu, 2018). Başta iklim değişikliği olmak üzere Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına ulaşmak için gıda güvencesinden ödün vermeden gelecekteki gıda güvencesine sürdürülebilirliğimiz için yeni çözümlere ihtiyaç bulunmaktadır (Vågsholm ve ark., 2020). Bu amaçla başta Birleşmiş Milletlere bağlı uluslararası kuruluşlar, ülkelerde tarım dahil tüm sektörlerde iklim değişikliğine ilişkin ulusal düzeyde sürdürülebilir uyum planı oluşturulmasına teknik ve

mali destek sağlayarak katkıda bulunmaktadır (Aryal et.al., 2020).

İklim değişikliğinin tarıma etkileri ile ilgili ulusal literatürde çalışmalar son yıllarda yoğunlaşmaya başlamıştır. Bu araştırmalar iklim değişimin tarım sektörüne (Bayraç ve Doğan, 2016), hayvansal üretime (Koyuncu ve Nageye, 2020), bal verimine (Duru ve Parlakay, 2021), bitkisel üretime (Bayraktar, 2023) ve toprak yönetimine (Topçu ve Erpul, 2017) etkileri, iklim değişikliği tarım etkileşiminin iki yönüyle incelenmesi (Akyüz ve Atış, 2016), iklim değişikliğinin ekonomik büyümeye ve tarımsal katma değere etkileri (Hayaloğlu, 2018) konularında gerçekleştirilmiştir. Uluslararası literatürde ise iklim değişikliğinin tarıma etkilerine yönelik çalışmalar daha öncesinde başlamış olup bu araştırmalarda; sürdürülebilir tarım uygulamalarının iklim değişimine uyum stratejileri (Wall ve Smit, 2005), iklim değişikliğinin organik tarım yöntemi ve entegre tarım sistemi ile tarım sektöründe etkisinin azaltılması (Scialabba ve Lindenlauf, 2010; Gil ve ark., 2017); iklim değişikliğinin toprak verimliliğine (Mondal, 2021) ve tuzluluğuna (Mukhopadhyay ve ark., 2021) etkisi, iklim değişikliğinin gıda güvencesine neden olacak riskleri azaltması (Campbell ve ark., 2016), üreticilerin iklim değişimine uyumu (Torres ve ark., 2020) şeklinde özetlenebilir.

Bu çalışmada iklim değişikliğinin tarımsal üretime ve gıda güvencesine etkisini daha net bir şekilde ortaya koyabilmek için iklim değişikliğinin tarım ve gıda sektörüne yönelik son 20 yılda yapılan ulusal ve uluslararası literatürdeki araştırma makaleleri, derlemeler ve uluslararası kuruluş raporları taranmıştır. Literatür taraması sonucu iklim değişikliğinin nedenleri, doğal kaynaklara etkileri, tarımsal üretimde ve gıda güvencesinde meydana getireceği sonuçlardan bahsedilmiş olup sürdürülebilir tarım yöntemlerinin iklim değişikliğiyle mücadeleye karşı önemi ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İklim değişikliği esas olarak doğal sistemlerden ve insanoğlunun üretim faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte son yıllarda insan faaliyetleri ile küresel ısınma arasındaki ilişkinin iklim değişikliğine etkilerinden daha fazla kaygı duyulmaktadır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan küresel ısınmanın asıl nedeni toplam sera gazı emisyonlarının fazlalığından kaynaklanmakta olup bunun nedeninin fosil yakıt ve arazi kullanımındaki değişikliklerden kaynaklandığı gözlenmektedir (McMichael, 2013; Xi-Liu ve Qing-Xian, 2018).

Sera gazı, kızılötesi radyasyonu emen ve yayan bir gaz olarak dünya yüzeyi ve atmosferi ısıtarak yağış miktarı, buzul ve deniz seviyesinde önemli etkilere sahiptir (Easterbrook, 2016). Sera gazı etkisi, sera gazlarının atmosferin alt katmanlarına birikmesi

sonucu katmanların ısınmasına bağlı olarak dünya yüzeyinde sıcaklık artışına yol açan ve iklim değişikliğinde Dünya'nın manyetik alanındaki değişimle birlikte en önemli etken olan faktördür (Mikhaylov ve ark., 2020). Sera gazları iklim değişikliğinde etkili faktörler olup bunların başında karbondioksit (CO₂), azot oksit (N₂O) ve metan (CH₄) gelmektedir (Shah ve ark., 2024).

İklim değişikliğinin etkileri hava koşullarındaki istatistiksel değişimle daha iyi ortaya konmaktadır. Sanayi devrimi süreciyle birlikte üretim faaliyetlerinin yoğun olduğu son 300 yıllık dönemde ortalama sıcaklık artışı 1°C olmasına karşın gelecek 25 yılda bu artışın 1.5°C'ye, 21. yüzyıl sonunda ise 5.8°C'ye ulaşması beklenmektedir (Wu ve ark., 2016; Fawzy ve ark., 2020). Yağış rejiminde ise küresel ısınmanın genellikle şiddetli sağanak yağışlar meydana getirdiği gözlenmekte olup bazı yağış endeks hesaplamalarına göre ise her 1°C artışın yağış miktarında %7'lik artışa neden olduğu hesaplanmıştır (Martel ve ark., 2021).

2.1. İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretime Etkileri

İklim değişikliğinin meydana getirdiği sıcaklık, yağışın zamanı ve miktarı, havadaki karbondioksit (CO₂) miktarı, güneş ısınımındaki değişimler tarımsal üretimi etkileme potansiyeline sahiptir (El-Ramady ve ark., 2013). Bu etkiler, ürüne veya bölgeye göre doğrudan ya da dolaylı şekilde değişmektedir. Tarım arazilerinde verimin ve ürün kalitesinin düşmesi, kuraklığa bağlı olarak sulama ihtiyacının artması, yabani ot vb. zararlılarının etki alanının genişlemesi iklim değişikliğinin tarıma olan etkileri arasındadır (Dantas ve ark., 2020; Bayraktar, 2023). Bu etkilerin azaltılmasının yanı sıra mevsimlerde meydana gelen sıcaklık ile yağış düzeni ve miktarındaki değişimlere dayanıklı mahsul çeşitlerinin yetiştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Thornton ve ark., 2014). Üreticilerin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine yönelik farkındalıklarının bulunmasıyla bu olumsuzlukları azaltmaya yönelik tarımsal uygulamaları benimsemelerini kolaylaştırmaktadır (Hayran ve ark., 2021).

İklim değişikliğinin tarımsal üretimde meydana getirdiği en önemli değişikliklerden birisi de toprak yapısındaki değişimdir. İklim değişikliği en çok toprak pH'ı, tuzluluk, kation değişim kapasitesi, besin döngüsü ve kazanımı gibi toprağın kimyasal özelliklerini etkilemektedir. Özellikle kurak bölgelerde iklim değişikliği ile toprak sıcaklığının artması toprağın fiziksel özelliklerinin değişim yoluyla bitki örtüsüne ve ürünün cinsine bağlı olarak tohumun çimlenmesini etkilemektedir. Toprağın bu kimyasal ve fiziksel özelliklerindeki değişim toprağın karbon ve besin döngüsünü, dolayısıyla toprağın verimliliğini dengeleyen toprağın biyolojik özelliklerini de olumsuz

yönde etkilemektedir. (Dantas ve ark., 2020; Mondal, 2021).

Küresel çapta tüketilen suyun %70'inin tarımsal faaliyetlerde kullanılması nedeniyle tarımsal üretimde su kaynaklarının yönetimi önem arz etmektedir (Rasul ve Sharma, 2016). Dünyada su kaynaklarının varlığı bölgelerin biyofiziksel özelliklere göre değişiklik göstermesi nedeniyle iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi konusunda ise görüş farklılıkları içermesine karşın 2°C sıcaklık artışının dünya nüfusunun %5 ile %20'sini su kıtlığına maruz bırakabilmektedir (Schewe ve ark., 2014). Küresel ısınma ile su kaynaklarında oluşacak bu kıtlık, tarım ile diğer sektörler arasında su kullanımı açısından rekabete neden olacağından su kaynaklarının planlanmasını zorunlu kılmaktadır (Mancosu ve ark., 2015). Özellikle sulama tarımının verim üzerinde baskı oluşturması ve çevre üzerinde olumsuz etki bırakması nedeniyle bölgeye göre ürün yetiştirme ve türlerinde değişiklikler veya daha az su kullanan yenilikçi teknolojiler gibi temel adaptif önlemler kullanılması gerekmektedir (Misra, 2014).

İklim değişikliği, tarımsal faaliyetleri özellikle üretim miktarı açısından olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak küresel olarak artan nüfus nedeniyle tarımsal verimlilik sağlamak açısından kimyasal girdilerin ve su kaynaklarının yoğun kullanımı şeklinde yürütülen konvansiyonel (yoğun) tarım uygulamaları da iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu etkiler tarımsal üretim sonucu doğal kaynakların tükenmesinin yanı sıra sera gazlarının atmosfere salınmasından da kaynaklanmaktadır. Atmosferdeki sera gazı emisyonlarının %25'ini tarım ve ormancılık gibi arazi kullanım faaliyetleri oluşturmakta olup bu sera gazlarının başında Azot protoksit ya da Nitroz oksit (N₂O) gelmektedir. Söz konusu sera gazları son 10 yılda atmosferde %1'lik emisyon artış meydana getirmiştir (Arora, 2019; Fawzy ve ark., 2020; Leal Filho ve ark., 2023). CO₂ ise atmosfer sistemindeki küresel karbon döngüsünde önemli bir rol oynamakta olup ağırlıklı olarak fosil yakıtların kullanımı ve ormansızlaştırma gibi insan faaliyetleri sonucu 400 ppm konsantrasyonunu aşmıştır (Shakoor, 2021).

Taze meyve ve sebze ürünlerinin üretimi ve kalitesi iklim değişikliğine neden olan yüksek sıcaklık artışı ve karbondioksit ve ozon gibi sera gazı emisyonları doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Bu etkiler sebze ve meyvelerde farklılık göstermekte olup sebzelerde CO₂ üretim artışı sağlamakta ancak ürün kalitesinin bozulmasına neden olurken, meyvelerde ise 35 °C kadar yüksek sıcaklıklarda normal şekilde olgunlaştığı bilinirken, daha yüksek sıcaklıklar olgunlaşma süreçlerini engellemektedir (Hribar ve Vidrih, 2015; Bisbis ve ark., 2018). Sonuç olarak iklim değişikliğinin düşük verim ve kaliteye neden olması çiftçi gelirlerinin düşmesine neden olması nedeniyle

ürün veriminin, çiftlik gelirlerinin ve gıda güvencesinin iyileştirilmesinin bir yolu olan sürdürülebilir tarım uygulamalarını öne çıkarmaktadır (Abdallah ve ark., 2021)

2.2. İklim Değişikliğinin Gıda Güvencesine Etkisi

Dünya genelinde gıda güvencesinin birçok farklı tanımı olsa da küresel olarak Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından tüm insanların her zaman, aktif ve sağlıklı bir yaşam için beslenme ihtiyaçlarını ve gıda tercihlerini karşılayan yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel, sosyal ve ekonomik erişime sahip olması şeklinde tanımlanmıştır (Engler-Stringer, 2022). Nüfus artışı, iklim değişikliği, kentleşme ve küreselleşme, arazi kullanımındaki değişimler, su kıtlığı, gelir artışı, beslenme eğilimleri, küresel enerji arzı ve dünya gıda ticareti eğilimleri gibi faktörler küresel olarak gıda güvencesini etkileyen faktörler olarak değerlendirilmektedir (Mokhtar ve ark., 2022). Gıda güvencesini etkileyen bu faktörler genel olarak iklimsel ve iklim dışı stres faktörleri olarak ikiye ayrılmakta olup özellikle gelişmekte olan ülkelerde iklimsel faktörler daha belirleyici konumdadır (Baig ve ark., 2022).

İklim değişikliğinin ekosistemin bozulmasına bağlı olarak tarımsal üretimde görülen miktar baskısı oluşması; açlığa, yetersiz beslenmeye, kaynak çatışmasına ve göçlere neden olması beklenmektedir (Wu ve ark., 2016). İklim değişikliğinin tarım sektörüne bu yöndeki etkilerinin yanı sıra gıda arzındaki kesintilerin meydana gelmesi gıda güvencesinin dört boyutu olan bulunabilirlik, erişim, kullanım ve istikrar üzerine etkilerini de beraberinde getirmektedir (Campell ve ark., 2016). İklim değişikliğinin bu olumsuz etkilerinin yanı sıra özellikle gelişmekte olan ülkelerde nüfus ve ücret artışı, 2050'li yıllarda dünya nüfusunun 9,7 milyara ulaşmasının beklenmesi ile gıda talebindeki artışın %80'inin, gelişmekte olan ülkelere kaynaklanacağını öngörülmesi de gıda güvencesini tehdit eden bir durum haline gelmiştir (Muhie, 2022).

Birleşmiş Milletlerin belirlediği Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarından açlığa (SKA2) ve yoksulluğa (SKA1) son, sağlıklı bireyler (SKA3) ile temiz su ve sıhhi koşullar amaçları (SKA6) gıda güvencesini kapsamı küresel boyutta önem verildiğinin göstergesidir. İklim değişikliğinin gıda güvencesine etkisi Paris Anlaşması'nda yer alan "gıda güvencesini koruma altına almak ve açlığı sonlandırmanın temel amacı olduğunu ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı gıda üretim sistemlerinin belirli hassasiyetinin bulunduğu" ibaresi ile doğrudan iklim değişikliği-gıda güvencesi arasındaki ilişkinin uluslararası boyutta önemini ortaya koymaktadır (Dellal, 2016).

İklim değişikliği sonucu meydana gelen gıda güvencesi sorununa karşı gıda sistemlerinin en geniş anlamıyla ele alması ve dünya çapında tarımın gelişimine entegre edilmesi gerekmektedir (Wheeler ve Von Braun, 2013). Ancak bu entegrasyonun tam sağlanabilmesi için gıda sistemlerinin multidisipliner çalışmalar ile daha geniş bir perspektifte analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır. Özellikle bu çalışmalarda çevre-tarım-ticaret sistemi içindeki etkileşimlerin daha iyi anlaşılmasıyla küresel olarak belirlenen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve artan dünya nüfusunun talebini destekleyecek şekilde gıda sistemlerinin oluşturulması önem arz etmektedir (Ortiz ve ark., 2021). Çevre-tarım-ticaret sistemlerinin etkileşimine yapılan çalışmalarda sulama sistemleri ile tarım ve gıda ticareti arasındaki ilişkiden, gıda fiyatları ile ülke içerisindeki iç çatışmalar arasındaki ilişkiye kadar farklı alanlara etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak bu etkiler iklim değişikliğinde gıda güvencesi sağlanması için gıda israfı ve beslenme konularında daha fazla çözüm beklenildiğini ortaya koymuştur (Campell ve ark., 2016).

Küresel olarak gıda güvencesinin sağlanmasının yanı sıra ekolojik bozulmanın önlenmesi için sürdürülebilir tarımsal üretim sistemleri benimsenmelidir. Ancak araştırmalar üreticilerin sürdürülebilir tarım uygulamalarının hem ekonomik hem de ekolojik açıdan faydalı olduğunu uzun dönemde benimsendiğinin ortaya çıkarması nedeniyle geçiş politikaları bu yönde belirlenmelidir (Dessart ve ark., 2019; Piñeiro ve ark., 2020). Sürdürülebilir tarım uygulamalarında tarım politikalarının kapsayıcı olmasının yanı sıra üretici tercihlerinin dikkate alınması, geliştirilmesi ve ürün çeşitliğinin teşvik edilmesi göz önünde bulundurulmalıdır (Torres ve ark., 2020). Sürdürülebilir tarımın Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarından açlığa son (SKA2) amacıyla gıda güvencesini ve gelişmiş beslenmeye sağlaması nedeniyle gıda güvencesiyle de yakın ilişkide bulunmaktadır (Gil ve ark., 2019).

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM

Sürdürülebilir tarım, evrensel olarak sürdürülebilir gıda ile tanımlanan bir kavramdır. Gıda ve tarımın sürdürülebilir olması için tarımsal üretimin karlılığı, çevre sağlığı ile sosyal ve ekonomik eşitliği sağlamakta iken, gıdanın ise herkes için besleyici ve erişilebilir olması şartını sağlaması gerekmektedir. Bu özellikler şimdiki neslin ihtiyaçlarını karşılamasının yanı sıra gelecek nesillerin de doğal kaynak ihtiyaçlarını destekleyecek şekilde ekosistemin yönetilmesidir (FAO, 2021; FAO, 2023). Bu amaçla FAO tarafından yayınlanan "Gıda ve tarımın geleceği: eğilimler ve zorluklar" raporunda dünya nüfusunun artmasıyla meydana gelen gıda talep artışının sürdürülebilir tarım yoluyla yeterli ve uygun fiyatlı gıda tedarikinin

sağlanmasına yönelik gereklilikler belirlenmiştir (FAO, 2017).

Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen 17 adet Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarından doğrudan sürdürülebilir tarımı ilgilendiren başlıklar yoksulluğa açlığa son verme, insana yakışır iş ve ekonomik büyüme, sudaki yaşam, sorumlu üretim ve tüketim gibi alanları içermektedir (UNDP, 2021). FAO tarafından gıda ve tarımda sürdürülebilirliğin beş temel ilkesi ise gıda sistemlerinde verimliliği, istihdamı ve katma değeri artırma; doğal kaynakları koruma ve genişletme; geçim kaynaklarını iyileştirme ve kapsayıcı ekonomik büyümeyi teşvik etme; insanların-toplulukların ve ekosistemlerin dayanıklılığını artırma ile yönetimi yeni zorluklara uyarlama şeklinde belirlemiştir (FAO, 2023). Sürdürülebilir tarımda FAO'nun belirlediği ilkeler doğrultusunda ekonomik, sosyal ve çevresel amaçları bulunmakta olup bu amaca yönelik sürdürülebilir tarımın sağlayacağı faydalar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sürdürülebilir tarım amaç ve faydaları
Table 1. Goals and Benefits of Sustainable Agriculture

Sürdürülebilir Tarım Amaçları	Sürdürülebilir Tarım Faydaları
Ekonomik	Girdi maliyetlerini azaltma Verim ve ürün kalitesini artırma Üreticilere makul gelir sağlama
Sosyal	Yoksulluğu azaltma Gıda güvencesini sağlama Tarımda dijitalleşmeyi sağlama
Çevresel	Doğal kaynakların daha verimli kullanımı Sera gazı emisyonunu azaltma İklim değişikliğine adaptasyon Tarımsal ekosistemleri koruma Temiz enerji ve su sağlama Topraktaki organik madde artışı sağlama

Kaynak: Adegbeve ve ark., 2020; Piñeiro ve ark., 2020; Tahat ve ark., 2020

Gıda sistemlerinin sürdürülebilirliğinin sağlanması küresel bir öncelik olup sistemin sürdürülebilirliğinde verimliliğinin yanı sıra iklim değişikliği göz önünde bulundurularak, talep kısıtlaması ve gıda sistemlerin dönüşümüyle birlikte bir yaklaşım içermelidir (Garnett, 2014). Ayrıca gıda sistemlerinin sera gazı emisyonunun oluşumunda yer almasının iklim değişikliğine etkileri nedeniyle yeni süreçler ve yönetimi de önem kazanmaktadır (Zurek ve ark., 2022). Ancak iklim değişikliğinin gıda kalitesi ve miktarına olumsuz

etkisinin yanı sıra gıda talebindeki sürekli artış, gıda sistemlerinin baskı altında olmasına neden olmaktadır (Myers ve ark., 2017). Sera gazı emisyonlarının azaltılması iklim değişikliğinin risklerini azaltmak için gerekli olup gıda atıklarının azaltılmasının emisyonu azaltması nedeniyle gıda sistemleri küresel nüfus için yeterli ve dengeli gıda sağlamaya uyum sağlamalıdır (Bajželj ve ark., 2014). Bu baskı sürdürülebilir tarımın yanı sıra tarımsal üretimde sürdürülebilir büyümenin de sağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu iki koşulun sağlanması ise tarımsal araştırma ve geliştirmeye (AR-GE) yapılan yatırımların teknolojik yenilikler üreten ve geleneksel tarım girdilerinde verimliliği artıracak şekilde oluşturulmasıdır (Baldos ve ark., 2020).

Sürdürülebilir tarım ve gıda sistemlerine geçişte eko-verimliliğin artırılması, girdilerin ikamesi ve sistemin yeniden tasarlanması gibi üç adımın atılması hedeflenmiştir (Barrios ve ark., 2020). Sürdürülebilir tarım, tarım-çevre arasında dengeyi sağlayarak, tarımsal girdi kullanım miktarının kontrol edildiği ve doğal kaynakların gelecek kuşakların da yararlanmasını sağlayarak sosyal, ekonomik ve çevresel etkilere de sahip bir kavram haline gelmiştir (Eryılmaz ve Kılıç, 2018). Bu nedenle sürdürülebilir tarım biyofiziksel kaynakların yanı sıra insan kaynaklarını da etkin bir şekilde kullanımını sağlayarak girdilerin minimize edilerek içsel kaynaklardan en iyi şekilde faydalanmayı sağlamaktadır (Sırma, 2023).

Sürdürülebilir tarım uygulamalarının yürütülmesinde tarımsal sulama önemli bir rol oynamakta olup bu alanda son 25 yıllık dönemde yapılan çalışmalarda iklim değişikliğinin tarımsal sulamaya etkileri üzerinde yoğun bir şekilde durulmuştur (Velasco-Muñoz ve ark., 2019). Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık yarısı yılın en azından bir bölümünde ciddi su kıtlığı yaşamayı ve gelecekte bu oranın daha fazla olmasının öngörülmesi başlıca sulama sistemi başta olmak üzere su kıtlığının yaşandığı yerlerde su kaynağı olarak görülmeyen alternatiflerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Nikolaou ve ark., 2020; Birleşmiş Milletler, 2024). Bu amaçla su kaynağı olmayan atık suyun tarımsal sulamada kullanımının gübre ile yapılması su tasarrufunun yanı sıra kimyasal girdilere bağımlılığı da azaltarak sürdürülebilir tarım yöntemlerinin yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır (Chauhan ve Kumar, 2020).

İklim değişikliği sonucunda tarımsal üretim miktar ve kalitesindeki azalma iklim değişikliklerine uyum sağlayacak şekilde tarımsal üretim biçimlerinin yeniden gözden geçirilmesi ihtiyacı doğurmaktadır. Bu geliştirilen yaklaşımlar Ekosistem Tabanlı Uygulamalar (ETU) terimi altında adlandırılmakta olup en genel anlamda biyolojik çeşitlilik, ekolojik süreç veya hizmetlerden yararlanarak tarımsal üretimde yer alan

bitki ve hayvanların iklim değişikliğine uyumunu sağlamaktadır (Topçu ve Erpul, 2017; Aydın ve Aktuz, 2023).

Ekosistem Tabanlı Uygulamalardan (ETU) küresel olarak en yaygın kullanılan yöntemlerden biri koruyucu tarımdır. Koruyucu tarımda temel amaç girdilerin korunarak doğal kaynaklar üzerindeki etkinin minimize edilmesidir (Aydın ve Aktuz, 2023). Sürdürülebilir tarım yöntemlerinin temelini oluşturan koruyucu tarımın ilkeleri ise minimum toprak bozulması, ürün rotasyonu ve toprak örtüsüdür (Malhi ve ark., 2021). Bunun yanında sürdürülebilir tarımın sağlanması için ürün ıslahının teşvik edilmesi, tarım sigortası mekanizmalarının geliştirilmesi ve diğer yenilikçi tarım uygulamaları ve arazi yönetimi gereklidir (Aryal ve ark., 2020).

Sürdürülebilir tarım kavramı, İyi Tarım Uygulamaları (İTU) ve organik tarım gibi uygulamaların ön plana çıkmasını sağlamıştır (Akyüz ve Atış, 2016). İyi tarım uygulamaları ile gıda güvencesinin sağlanması ve tarımsal ürün kalitesinin yükselmesi amaçlanmaktadır. Organik tarım ise sentetik gübre, pestisit ve ilaç kullanımını önlemesi sayesinde karbonu toprakta tutarak salınımını önleme ve toprakta Azot Peroksit (N_2O) miktarını azaltma sayesinde iklim değişikliğini azaltma açısından önemli katkılar sağlamaktadır (Scialabba ve Lindenlauf, 2010).

İklim değişikliğinin hayvansal üretim faaliyetlerini de etkilemesi ve bu etkiyi en aza indirmek için uygulanmakta olan bitkisel ve hayvansal üretimin entegrasyonu olan entegre tarım sistemi, sürdürülebilir tarım sistemi olarak kabul edilmektedir. Entegre tarım sistemi, tarım ve hayvancılık faaliyetlerini birleştirerek toprak-bitki-hayvan-atmosfer etkileşimiyle toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesini teşvik etmesinin yanı sıra girdi bağımlılığını azaltma ve doğal kaynak verimliliğini artırmasıyla sürdürülebilir tarım faaliyetinin temelini oluşturur. Bu sistem ayrıca ekolojik duyarlılığı, ekonomik faydayı ve sosyal açıdan uygun olmasıyla sürdürülebilir kalkınmanın gelişimine katkı sağlar (Gil ve ark., 2017; Sekaran ve ark., 2021; Leal Filho ve ark., 2023).

İklim dostu tarımsal uygulamaların küresel çapta başarıya ulaşması için, FAO'nun "Sürdürülebilir Gıda ve Tarım Hedefleri" vizyonu ile uyumlu olmalıdır. Bu tarımsal uygulamalara örnek olarak sürdürülebilir tarım uygulamalarının yanı sıra; ani sıcaklık ve yağışlara karşı dayanıklı ürün çeşitlerinin geliştirilmesi, biyotik (canlı) stres faktörlerine karşı bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ile bunların metabolizması sonucu ortaya çıkan ürünleri kullanan biyoaşılayıcıların/biyogübrelerin kullanımı örnek olarak gösterilebilir (Arora, 2019).

Sonuç olarak, iklim değişikliği, tarımsal üretim miktarında düşmeye neden olarak gıda arzının yetersiz olmasına ve gıda güvencesinin sağlanmasına engel olacaktır (Kulakoğlu, 2020). İklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve doğal kaynaklar üzerindeki olumsuz etkileri sürdürülebilir tarıma ve dolayısıyla küresel gıda güvencesinin önündeki başlıca engellerden biri olup özellikle bu engelin az gelişmiş ülkelerde tarımsal üretimi daha fazla etkilemesi küresel gıda güvencesini daha da ciddi hale getirmektedir (Farooq ve ark., 2019; Mukhopadhyay ve ark., 2021; Saleem ve ark., 2024).

4. GENEL SONUÇLAR

İnsanoğlu faaliyetleri sonucu doğal kaynakların tükenmesinin yanı sıra sıcaklık, yağış ve atmosferdeki değişimler iklim değişikliğine yol açmaktadır. İklim değişikliğinin etkileri dünya genelinde farklılık göstermesine rağmen iklim değişikliğiyle mücadele sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle ve bunu destekleyen anlaşmalarla küresel çapta eylem haline gelmiştir. İklim değişikliğinden en çok tarım sektörünün etkilemesi tarımsal politikaların bu yönde şekillenmesini sağlayacaktır.

İklim değişikliği en başta çevresel etkilere neden olmakta ve bu etkiler bölgeden bölgeye değişmekle birlikte en çok tarımsal faaliyetlerde verimlilik kaybına neden olmaktadır. Tarımsal üretimin iklim değişikliğinden olumsuz etkilenmesinin yanı sıra gelişmekte olan ülkelerin gıda talebinin artması ve gıda israfı gıda güvencesi sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunların aşılmasında en iyi çözüme ulaşmak amacıyla çevrenin korunmasını ve doğal kaynakların sürdürülebilirliğini sağlamayı temel amaç olarak hedefleyen ve ekonomik, sosyal ve çevresel fayda sağlayan sürdürülebilir tarım yöntemlerine geçilmelidir.

Tarımsal üretimde iklim değişikliğinin etkilerinin ürüne veya bölgeye göre farklılık göstermesi nedeniyle sürdürülebilir tarımsal üretim yöntemlerinin uygulanması için geniş çapta araştırmaların yapılması önem arz etmektedir. Ancak iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve doğal kaynaklara olumsuz etkisi sürdürülebilir tarımın başta gıda güvencesini sağlamak üzere Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına ulaşmaya engel teşkil etmektedir. Sürdürülebilir tarım uygulamaları tarımsal üretimde sağlayacağı verimlilik ve kaliteye katkısının yanı sıra üretim yönteminin doğal yollarla sağlanması iklim değişikliği ile mücadeleye de katkı sağlayacaktır. Bu temel amaca ulaşmak için sürdürülebilir tarım yönteminin uygulanması için iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve üreticilerin benimsemesi için uygulayıcılar ve politikacıların birlikte hareket etmesinin yanı sıra, bu uygulamaların temel düzeyde yapılmasıyla istenilen amaca ulaşılabilecektir.

ETİK STANDARTLAR İLE UYUM

Teşekkür

Yazarların Katkısı

SD çalışmayı tasarladı ve yazdı.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Etik Onay

Yazar bu tür bir çalışma için resmi etik kurul onayının gerekli olmadığını bildirmektedir.

Veri Kullanılabilirliği

Veri setleri ile ilgili sorular için, sorumlu yazar ile iletişime geçilmelidir.

KAYNAKLAR

Abdallah, A. H., Abdul-Rahaman, A., & Issahaku, G. (2021). Sustainable agricultural practices, farm income and food security among rural households in Africa. *Environment, Development and Sustainability*, 23(12), 17668-17701

Abson, D. J., Von Wehrden, H., Baumgärtner, S., Fischer, J., Hanspach, J., Härdtle, W.,... & Walmsley D. (2014). Ecosystem services as a boundary object for sustainability. *Ecological Economics*, 103, 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.04.012>

Adegbeye, M. J., Reddy, P. R. K., Obaisi, A. I., Elghandour, M. M. M. Y., Oyebamiji, K. J., Salem, A. Z. M., ... & Camacho-Díaz, L. M. (2020). Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations-An overview. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118319. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118319>

Akyüz, Y., & Atış, E. (2016). Türkiye’de iklim değişikliği tarım etkileşiminin iki yönüyle incelenmesi, *Uluslararası Katılımlı 2. İklim Değişimi ve Tarım Etkileşimi Çalıştayı* (08-09 Kasım 2016, Şanlıurfa), pp. 178.

Arora, N. K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2(2), 95-96. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>

Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Khurana, R., Khatri-Chhetri, A., Rahut, D. B., & Jat, M. L. (2020). Climate change and agriculture in South Asia: Adaptation options in smallholder production systems. *Environment, Development and Sustainability*, 22(6), 5045-5075. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00414-4>

Aydın, A., & Aktuz, N. C. (2023). Sürdürülebilir tarım için iklim değişikliğine ekosistem tabanlı uyum faaliyetleri, *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 2(3), 132-157.

Baig, I. A., Irfan, M., Salam, M. A., & Işık, C. (2023). Addressing the effect of meteorological factors and agricultural subsidy on agricultural productivity in India: A roadmap toward environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 15881-15898. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23210-6>

Bajželj, B., Richards, K. S., Allwood, J. M., Smith, P., Dennis, J. S., Curmi, E., & Gilligan, C. A. (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change*, 4(10), 924-929.

Baldos, U. L. C., Fuglie, K. O., & Hertel, T. W. (2020). The research cost of adapting agriculture to climate change: A global analysis to 2050. *Agricultural Economics*, 51(2), 207-220. DOI: 10.1111/agec.12550

Barrios, E., Gemmill-Herren, B., Bicksler, A., Siliprandi, E., Brathwaite, R., Moller, S., ... & Tittone, P. (2020). The 10 elements of agroecology: Enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. *Ecosystems and People*, 16(1), 230-247. <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1808705>

Bayraç, H. N., & Doğan E. (2016). Türkiye’de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(1), 23-48.

Bayraktar, S. S. (2023). Climate Change and Agriculture: The Impact of Climate Change on Crop Production in Türkiye. [Ph.D. Thesis Middle East Technical University].

Birleşmiş Milletler (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future

- (Brundtland Report).
file:///C:/Users/user/Downloads/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf.
- Birleşmiş Milletler (2024). Press Release | Water crises threaten world peace (report). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2024/03/un-world-water-development-report/> (Erişim Tarihi: 08.01.2025).
- Birleşmiş Milletler Türkiye (2023). Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarını BM Türkiye'de Nasıl Destekliyor? <https://turkiye.un.org/tr/sdgs#:~:text=de%20HERKESEANLATIN.,T%C3%BCrkiye%20S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir%20Kalk%C4%B1nma%20Am%C3%A7lar%C4%B1,adil%20payla%C5%9F%C4%B1m%C4%B1%20ve%20bar%C4%B1%C5%9F%C4%B1%20hedefliyor> (Erişim Tarihi: 10.06.2024).
- 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.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.224>
- Campbell, B. M., Vermeulen, S. J., Aggarwal, P. K., Corner-Dolloff, C., Girvetz, E., Loboguerrero, A. M., ... & Wollenberg E. (2016). Reducing risks to food security from climate change. *Global Food Security*, 11, 34-43.
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.06.002>
- Chauhan, J. S., & Kumar, S. (2020). Wastewater ferti-irrigation: an Eco-Technology for sustainable agriculture. *Sustainable Water Resources Management*, 6, 1-11.
<https://doi.org/10.1007/s40899-020-00389-5>
- Dantas, B. F., Moura, M. S., Pelacani, C. R., Angelotti, F., Taura, T. A., Oliveira, G. M., ... & Seal, C. E. (2020). Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of dry forest species with climate change. *Oecologia*, 192(2), 529-541. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04575-x>
- Dellal, İ. (2016). İklim değişikliği Paris Anlaşması ve tarım, *TZOB Çiftçi ve Köy Dünyası Dergisi*, 60.
- Dessart, F. J., Barreiro-Hurlé, J., & Van Bavel, R. (2019). Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review. *European Review of Agricultural Economics*, 46(3), 417-471.
doi:10.1093/erae/jbz019
- Dışişleri Bakanlığı, (2021). Çevre, İklim Değişikliği ve Suya Dair Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri. <https://www.mfa.gov.tr/surdurulebilir-kalkinma.tr.mfa>. (Erişim Tarihi: 08.01.2024).
- Duru, S., & Parlakay O. (2021). Türkiye'de iklim değişikliğinin bal verimine etkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 791-800.
<https://doi.org/10.37908/mkutbd.1000097>
- Easterbrook, D. J. (2016). Greenhouse gases. In *Evidence-Based Climate Science* (pp. 163-173). Elsevier.
- El-Ramady, H. R., El-Marsafawy, S. M., & Lewis, L. N. (2013). Sustainable agriculture and climate changes in Egypt. *Sustainable Agriculture Reviews, Volume 12*, 41-95.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-5961-9_2
- Engler-Stringer, R. (2022). Food security. In *Encyclopedia of quality of life and well-being research* (pp. 1-3). Cham: Springer International Publishing.
- Erdoğan, S. (2018). İklim değişikliğine karşı verilen küresel mücadele ve Avrupa Birliği. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(4).
- Eryılmaz, G., & Kılıç O, (2018). Türkiye'de sürdürülebilir tarım ve iyi tarım uygulamaları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4), 624-631. DOI:10.18016/ksudobil.345137
- FAO (2017). The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2e90c833-8e84-46f2-a675-ea2d7afa4e24/content> (Erişim Tarihi: 15.06.2024).
- FAO (2021). Why is sustainable food and agriculture important? <http://www.fao.org/sustainability/background/en/> (Erişim Tarihi: 13.06.2024).
- FAO (2023). Sustainable Development, <https://www.fao.org/sustainability/en> (Erişim Tarihi: 15.06.2024).
- Farooq, R., Ghumman, A. R., Ahmad, A., Rehman, A. U., Abbasi, S. A., Seemab, F., ... & Tariq, M.

- A. U. R. (2019). Evaluation of adaptation techniques through hydro-dynamic flash flood modeling under climate change conditions. *Resources and Arid Environments*, 8(2), 132–137.
- Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J., & Rooney, D. W. (2020). Strategies for mitigation of climate change: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 18, 2069–2094. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01059-w>
- Fetting, C. (2020). The European green deal, *ESDN Report*, 2(9).
- Leal Filho, W., Nagy, G. J., Setti, A. F. F., Sharifi, A., Donkor, F. K., Batista, K., & Djekic, I. (2023). Handling the impacts of climate change on soil biodiversity. *Science of The Total Environment*, 869, 161671. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161671>
- Garnett, T. (2014). Three perspectives on sustainable food security: Efficiency, demand restraint, food system transformation. what role for life cycle assessment? *Journal of Cleaner Production*, 73, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.045>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy—a new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Gil, J. D., Cohn, A. S., Duncan, J., Newton, P., & Vermeulen, S. (2017). The resilience of integrated agricultural systems to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 8(4), e461. <https://doi.org/10.1002/wcc.461>
- Gil, J. D. B., Reidsma, P., Giller, K., Todman, L., Whitmore, A., & Van Ittersum, M. (2019). Sustainable development goal 2: Improved targets and indicators for agriculture and food security. *Ambio*, 48(7), 685–698. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1101-4>
- Glavič, P., & Lukman, R. (2007). Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of cleaner production*, 15(18), 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.12.006>
- Hayaloğlu, P. (2018). İklim değişikliğinin tarım sektörü ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(25), 51–62.
- Hayran, S., Duru, S., Kapur, B., Gul, A., & Turgut, Y. S. (2021). Farmers' perception regarding climate change in Southern Turkey: The case of the Mersin province. *New Medit*, 20(1), 71–84. DOI: 10.30682/nm2101e
- Hribar, J. & Vidrih, R. (2015). Impacts of climate change on fruit physiology and quality. In *Proceedings of the 50th Croatian and 10th International Symposium on Agriculture*, (Opatija, Croatia, 16–20 February 2015), pp. 42–45.
- Jeronen, E. (2020). Strong sustainability. In *Encyclopedia of Sustainable Management* (pp. 1–8). Cham: Springer International Publishing.
- Kıymaz, T. (2016). Sürdürülebilir Kalkınma ve Tarım, XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi (25–27 Mayıs 2016, Isparta).
- Koyuncu, M., & Nageye, F. (2020). İklim değişikliğinin sürdürülebilir hayvancılığa etkileri. *Hayvansal Üretim*, 61(2), 157–167. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.673145>
- Kulakoğlu, Ö. (2020). Türkiye’de tarımda kendine yeterlilik ve gıda güvenesi. [Doktora Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi].
- Malhi, G. S., Kaur, M., & Kaushik, P. (2021). Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*, 13(3), 1318. <https://doi.org/10.3390/su13031318>
- Mancosu, N., Snyder, R. L., Kyriakakis, G., & Spano, D. (2015). Water scarcity and future challenges for food production. *Water*, 7(3), 975–992. <https://doi.org/10.3390/w7030975>
- Martel, J. L., Brissette, F. P., Lucas-Picher, P., Troin, M., & Arsenault, R. (2021). Climate change and rainfall intensity–duration–frequency curves: Overview of science and guidelines for adaptation. *Journal of Hydrologic Engineering*, 26(10), 03121001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0002122](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0002122)
- McMichael, A. J. (2013). Globalization, climate change, and human health. *New England Journal of Medicine*, 368(14), 1335–1343. DOI: 10.1056/NEJMr1109341

- Mikhaylov, A., Moiseev, N., Aleshin, K., & Burkhardt, T. (2020). Global climate change and greenhouse effect. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(4), 2897. [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(21\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(21))
- Misra, A. K. (2014). Climate change and challenges of water and food security. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1), 153-165. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.04.006>
- Mokhtar, M. A., Anli, M., Laouane, R. B., Boutasknit, A., Boutaj, H., Draoui, A., ... & Fakhech, A. (2022). Food security and climate change. In *Research Anthology on Environmental and Societal Impacts of Climate Change* (pp. 44-63). IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-5225-7775-1.ch004
- Mondal, S. (2021). Impact of climate change on soil fertility bt-climate change and the microbiome: Sustenance of the ecosphere, Choudhary, D.K., Mishra, A., Varma, A., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2021; pp. 551–569. ISBN 978-3-030-76863-8. DOI: 10.1007/978-3-030-76863-8_28
- Muhie, S. H. (2022). Novel approaches and practices to sustainable agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100446. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100446>
- Mukhopadhyay, R., Sarkar, B., Jat, H. S., Sharma, P. C., & Bolan, N. S. (2021). Soil salinity under climate change: Challenges for sustainable agriculture and food security. *Journal of Environmental Management*, 280, 111736. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111736>
- Myers, S. S., Smith, M. R., Guth, S., Golden, C. D., Vaitla, B., Mueller, N. D., ... & Huybers, P. (2017). Climate change and global food systems: Potential impacts on food security and undernutrition. *Annual Review of Public Health*, 38, 259–277. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356>
- Nikolaou, G., Neocleous, D., Christou, A., Kitta, E., & Katsoulas, N. (2020). Implementing sustainable irrigation in water-scarce regions under the impact of climate change. *Agronomy*, 10(8), 1120. doi:10.3390/agronomy10081120
- Ortiz, A. M. D., Outhwaite, C. L., Dalin, C., & Newbold, T. (2021). A review of the interactions between biodiversity, agriculture, climate change, and international trade: Research and policy priorities. *One Earth*, 4(1), 88-101. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.008>
- Owen, G. (2020). What makes climate change adaptation effective? A systematic review of the literature. *Global Environmental Change*, 62, 102071. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102071>
- Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A. M., Kinengyere, A., ... & Torero, M. (2020). A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3(10), 809–820. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y>
- Polat, K., & Dellal, İ. (2016). Göksu Deltasında çeltik yetiştiriciliği yapan üreticilerin iklim değişikliği algısı ve iyi tarım uygulamaları yapmalarında etkili faktörlerin belirlenmesi. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 46–54.
- Rasul, G., & Sharma, B. (2016). The nexus approach to water–energy–food security: an option for adaptation to climate change. *Climate policy*, 16(6), 682-702. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1029865>
- Saleem, A., Anwar, S., Nawaz, T., Fahad, S., Saud, S., Ur Rahman, T., ... & Nawaz, T. (2024). Securing a sustainable future: the climate change threat to agriculture, food security, and sustainable development goals. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s43994-024-00177-3>
- Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clark, D. B., ... & Kabat, P. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3245-3250. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110>
- Scialabba, N. E. H., & Müller-Lindenlauf, M. (2010). Organic agriculture and climate change. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25(2), 158–169. <https://doi.org/10.1017/S1742170510000116>

- Sekaran, U., Lai, L., Ussiri, D. A., Kumar, S., & Clay, S. (2021). Role of integrated crop-livestock systems in improving agriculture production and addressing food security—A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 5, 100190. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100190>
- Shah, I. H., Manzoor, M. A., Jinhui, W., Li, X., Hameed, M. K., Rehaman, A., ... & Chang, L. (2024). Comprehensive review: Effects of climate change and greenhouse gases emission relevance to environmental stress on horticultural crops and management. *Journal of Environmental Management*, 351, 119978. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119978>
- Shakoor, A., Shakoor, S., Rehman, A., Ashraf, F., Abdullah, M., Shahzad, S. M., ... & Altaf, M. A. (2021). Effect of animal manure, crop type, climate zone, and soil attributes on greenhouse gas emissions from agricultural soils—A global meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, 278, 124019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124019>
- Sırma, N. (2023). Türkiye'nin sürdürülebilir gıda sistem dinamikleri. [Yüksek Lisans Tezi. Topkapı Üniversitesi].
- Tahat, M., M. Alananbeh, K., Othman, Y. A., & Leskovar, I. D. (2020). Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, 10(8), 1120. <https://doi.org/10.3390/su12124859>
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2021). İklim Değişikliği ve Tarım, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: A review. *Global Change Biology*, 20(11), 3313-3328. <https://doi.org/10.1111/gcb.12581>
- Topçu, P., & Erpul G. (2017). İklim değişikliği ve sürdürülebilir toprak yönetimi (STY), 75 th Anniversary International Congress, Ankara-Turkey, Volume: 1.
- Torres, M. A. O., Kallas, Z., & Herrera, S. I. O. (2020). Farmers' environmental perceptions and preferences regarding climate change adaptation and mitigation actions; Towards a sustainable agricultural system in México. *Land Use Policy*, 99, 105031. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105031>
- UNDP (2021). Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP). <https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/sustainable-development-goals.html> (Erişim Tarihi: 17.06.2024).
- Vågsholm, I., Arzoomand, N. S., & Boqvist, S. (2020). Food security, safety, and sustainability—getting the trade-offs right. *Frontiers in sustainable food systems*, 4, 16. doi: 10.3389/fsufs.2020.00016
- Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., Batlles-de-laFuente, A., & Fidelibus, M. D. (2019). Sustainable irrigation in agriculture: An analysis of global research. *Water*, 11(9), 1758. <https://doi.org/10.3390/w11091758>
- Xi-Liu, Y. U. E., & Qing-Xian, G. A. O. (2018). Contributions of natural systems and human activity to greenhouse gas emissions. *Advances in Climate Change Research*, 9(4), 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2018.12.003>
- Wall, E., & Smit B. (2005). Climate change adaptation in light of sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 27(1), 113–123. https://doi.org/10.1300/J064v27n01_07
- Wheeler, T., & Von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*, 341(6145), 508-513. DOI: 10.1126/science.1239402
- Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L., & Xu, B. (2016). Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment International*, 86, 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.007>
- Zurek, M., Hebinck A., & Selomane O. (2022). Climate change and the urgency to transform food systems. *Science*, 376(6600), 1416–1421