



## Çölleşmenin ekosisteme etkileri ve çölleşmeyi tersine çevirme yolunda sürdürülebilir tarımın önemi

Kerim Özyol<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Celâl Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve Finans Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 22/01/2022

Kabul Tarihi: 26/03/2022

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1060466>

\* Sorumlu yazar:

[kerimozyol@hotmail.com](mailto:kerimozyol@hotmail.com)

### ÖZ

Çölleşme kavramsal olarak bir süreci ifade eder. Fiziksel, biyolojik, siyasal, sosyal, kültürel ve ekonomik sebeplerin etkileşimiyle; hatalı insan faaliyetleri ve iklimsel etkiler sonucu toprağın bitki örtüsünü kaybetmesiyle başlayıp, fauna, mikroorganizma ve organik madde kaybıyla devam eden, toprak agregatlarının parçalanarak kil, silt ve kum fraksiyonlarının açığa çıktığı bir degradasyon sürecidir. Belirli bir alanın bitki örtüsüz kalmasıyla aslında toprakta bir yara açılmış olur ve o alanda toprağın çölleşme süreci

başlar. Toprağa en büyük zarar tarım yoluyla verilmiştir. Tarımsal faaliyetlerde köklü bir değişime gidilirse toprak düzeltilebilir. Söz konusu gezegenimizin sağlığı ise, bu bir zorunluluktur. Acilen konvansiyonel tarım yerine sürdürülebilir tarım benimsenmeli ve yaygınlaştırılmalıdır. Sürdürülebilir tarım, tarıma yönelik tüm faaliyetlerde doğal unsurların korunmasını ve gözetilmesini özünde barındırır. Yok olmanın eşiğine gelmiş tarım topraklarının restore edilerek devamlılığını sağlamak ve sürdürülebilir kılmak için elimizdeki tek çaredir. Sürdürülebilir tarım, bir taraftan üretim yaparak toprak mahsullerinden faydalanırken, diğer taraftan da ekosistemdeki doğal döngülere ve çevreye saygı duymak, tabiatı oluşturan tüm varlıkların hukukunu tanımaktır. Üretim yaparken doğal unsurlara hükmetmek ve onları yönetmek yerine, tüm unsurlarıyla var olan sistemin bir parçası olmaktır. Bu çalışmada çölleşme konusu irdelenerek, çölleşmenin kendisi gezegenimiz ve insanlık için büyük bir tehlike olmakla birlikte, birçok doğal afeti ve felaketi nasıl tetiklediği ortaya konmuş ve küresel felaketlerin önüne geçmek için sürdürülebilir tarımın önemi ve ne denli bir zorunluluk olduğu vurgulanmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çölleşme, sürdürülebilir tarım, iklim değişikliği, karbon döngüsü, su döngüsü.

### Araştırma Makalesi

## Effects of desertification on the ecosystem and the importance of sustainable agriculture in reversing desertification

### ABSTRACT

Desertification conceptually refers to a process. With the interaction of physical, biological, political, social, cultural and economic reasons; it is a degradation process that starts with the loss of vegetation of the soil as a result of faulty human activities and climatic effects and continues with the loss of fauna, microorganisms and organic matter, and clay, silt and sand fractions are exposed by breaking down soil aggregates. When a certain area is left without vegetation, actually a wound is opened in the soil and the desertification process begins in that area. Greatest damage to the soil has been done through agriculture. If radical changes are made in agricultural activities, the soil can be fixed. When the matter is the health of our planet, it becomes necessary. Sustainable agriculture should be adopted and expanded instead of conventional agriculture urgently. Sustainable agriculture includes protection and observance of natural elements in all agricultural activities. It is the unique solution we should restore the agricultural lands that are on the verge of extinction, to ensure their continuity and make them sustainable. Sustainable agriculture, on the one hand, makes use of soil crops by producing, on the other hand, respecting the natural cycles in the ecosystem and the environment, and recognizing the law of all beings that make up nature. It is to be a part of the existing system with all its elements, instead of dominating and managing the natural elements while producing. In this study, the subject of desertification is examined, it is revealed how desertification itself is a great danger for our planet and humanity, how it triggers many natural disasters and disasters, and the importance of sustainable agriculture and its necessity to prevent global disasters are tried to be emphasized.

**Key Words:** Desertification, sustainable agriculture, climate change, carbon cycle, water cycle.

*Bu makaleye atf:*

Özyol, K., 2022. Çölleşmenin ekosisteme etkileri ve çölleşmeyi tersine çevirme yolunda sürdürülebilir tarımın önemi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 8(1), 113-122.



This article is licensed under CC BY-NC 4.0

## 1. Giriş

Küresel ısınma ile birlikte buzulların erimesi, orman ve bitki örtülü alanlarının gündün güne yok olmasına bağlı olarak doğal yaşam alanları yok olan canlı türlerinin soylarının tükenmesi, verimli toprakların rüzgâr ve su erozyonuna maruz kalması, dünyamız ve insanlık için ciddi tehlikelerin ve problemlerin habercisidir.

Dünyanın her yerinde en verimli topraklar, erozyonla hızlı bir yok oluş sürecindedir. Bitki örtüsünü kaybeden veya sürekli kazılarak açılan ve alt-üst edilen topraklar, erozyon tehdidiyle karşı karşıya kalmaktadır. Görcelioğlu (1992), çölleşmenin hemen hemen tümüyle yanlış insan müdahaleleri sonucu ortaya çıktığını belirtmiştir. İnsanoğlu avcı-toplayıcı sistemden yerleşik düzene geçmesiyle doğal kaynaklar üzerinde büyük baskılar oluşturmuştur. Çoğunlukla, aşırı otlama, ormansızlaştırma, sürdürülebilir olmayan geleneksel tarım gibi insan faaliyetleri çölleşme sürecini hızlandırmıştır (Karagöz ve ark., 2015). Sabanın geliştirildiği yerleşik tarıma geçiş dönemiyle, topraklar hızlı bir şekilde aşınmaya başlamıştır. Tohum yatağı hazırlamak ve aynı zamanda yabancı otları temizlemek amacıyla topraklar sabanla işlenmeye başlanmıştır. Toprağı kazma ve karıştırma işlemi, tarımın ana faaliyeti olarak görülmektedir. Çiftçilerin toprağı işleyerek korumasız bırakmalarıyla, en verimli toprak katmanı, rüzgâr ve su erozyonuna hazır hale gelmektedir. Bu sayede tarım alet ve makineleriyle işlenen tüm ekilebilir alanlar, kalıcı olarak zarar görebilmektedir.

Traktörün getirmiş olduğu kolaylık ve güç kontrolsüzce kullanılarak; başta erozyon olmak üzere, karbon ve su döngüsündeki sorunların artmasına, çölleşme ve iklim değişikliği sürecinin hızlanmasına sebep olunmuştur (El-Karouri, 1980; Lal and Kimbele, 1997; Akbolat, 2009). Traktörün yaygın olarak kullanılmaya başlandığı ve endüstriyel tarımın dünya çapında gelişmeye başladığı 1950'li yıllardan günümüze kadar, tarla yapılmak üzere ormanlar hızla yok edilmiş, dünyanın yüzey toprağı hem zirai münadale adı altında zararlı kimyasallarla kirletilmiş, hem de devamlı işlenerek strüktürü bozulmuş, organik maddelerce fakirleştirilerek hızla degradasyona uğratılmıştır.

Dünyamızı tehdit eden en büyük tehlikelerden birisi de sera gazlarıdır. Sera gazları denilince ilk akla gelen fabrika bacaları ve fosil yakıtlardır. Ancak iklim değişikliğine neden olan tek etmen bunlar değildir. Küresel ısınmanın en önemli tetikleyicisi; sürekli işlenerek yıpratılan topraktan, atmosfere salınan karbondur.

Topraklar, atmosferde karbondioksit bileşiği olarak bulunanların yaklaşık iki katı büyüklüğünde karbon rezervi (yaklaşık 150 Pg C) içerir. Yanlış arazi kullanımı nedeniyle bu karbonun bir kısmını (40–90 Pg C) kaybetmiştir (Smith, 2012). Bitki örtüsü olmayan toprak, buharlaşarak sadece nem kaybetmez. Toprak içinde depolanan karbon da salınarak atmosfere karışır. Bir taraftan toprakta organik madde azalışı nedeniyle kum, kil ve silt içeriği artarken, diğer taraftan atmosferdeki karbon yükü artar. Küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının birçoğu karbon bileşiklerinden oluşmaktadır.

Avrupa Komisyonu'nun Dünya Çölleşme Atlası'na göre, dünyanın kara alanının %75'i halihazırda bozulmuş durumdadır ve bu durum 2050 yılında %90'ı aşabilir. Her yıl yaklaşık 4,18 milyon kilometrekarelik alan bozulmakta (Nunez, 2019), 24

milyar ton verimli üst toprak tabakası kaybolmaktadır (ÇMUSEP, 2019). Dünyanın hızla çölleşiyor olması hem makroklima, hem de insanlığın geleceği için büyük bir tehdittir. Çölleşme devam ettikçe verimli alanlar azaldığı gibi, bu durum büyük kitlesel yer değişikliklerine sebep olacaktır. Dünya üzerinde büyük iklim tipleri ve aynı zamanda her iklime adapte olmuş toprak ürünleri yer değiştirecek, bununla birlikte dünya, büyük insan göçüne sahne olacaktır. Böyle bir kargaşa, anarşi ve terör yapılanmaları için uygun zemin oluşturacaktır.

Bu çalışmada çölleşme konusu irdelenerek, çölleşmenin kendisi gezegenimiz ve insanlık için büyük bir tehlike olmakla birlikte, birçok doğal afeti ve felaketi nasıl tetiklediği ortaya konmuş ve küresel felaketlerin önüne geçmek için sürdürülebilir tarımın önemi ve ne denli bir zorunluluk olduğu vurgulanmaya çalışılmıştır.

## 2. Çölleşme Süreci ve Etkileri

Birleşmiş Milletler Şiddetli Kuraklık ve /ya da Çölleşmeden Etkilenen Ülkelerdeki, Özellikle Afrika Ülkelerindeki, Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nde çölleşme, "iklimsel değişimleri ve insan etkinliklerini de içeren, fiziksel, biyolojik, siyasal, sosyal, kültürel ve ekonomik etmenler arasındaki karmaşık etkileşimlerin, kurak, yarıkurak ve kuru-yarınemli alanlarda oluşturduğu arazi degradasyonu" olarak tanımlanmıştır (Türkeş, 2010a). Esas itibarıyla uygunsuz arazi kullanmaya bağlı olarak ortaya çıkan arazi degradasyonu, aşırı toprak işleme, aşırı hayvan otlama, ormanları yok etme ve kötü sulama pratikleri gibi yanlış uygulamalar nedeniyle arazi verimliliğinin yavaş yavaş zayıflaması şeklinde kendini gösterir (Görcelioğlu, 1992).

Çölleşme kavramsal olarak bir süreci ifade eder. Fiziksel, biyolojik, siyasal, sosyal, kültürel ve ekonomik sebeplerin etkileşimiyle; hatalı insan faaliyetleri ve iklimsel etkiler sonucu toprağın bitki örtüsünü kaybetmesiyle başlayıp, fauna, mikroorganizma ve organik madde kaybıyla devam eden, toprak agregatlarının parçalanarak kil, silt ve kum fraksiyonlarının açığa çıktığı bir degradasyon sürecidir. Belirli bir alanın bitki örtüsüz kalmasıyla aslında toprakta bir yara açılmış olur ve o alanda toprağın çölleşme süreci başlar.

Üzeri açılan toprak normalden daha fazla buharlaşarak nemini kaybetmeye başlar (Karaoğlu, 2010). Sağlıklı bir ekosistemde topraktan daha çok, toprak üzerindeki bitki yapraklarından su buharı çıkar ki, buna terleme denir (Güler, 2011). Toprağın buharlaşması kuraklaşmaya sebep olurken, bitki yapraklarının terlemesi bitki örtülü alanı nemli yapar. Yapılan araştırmalarda üzerinde bitki olmayan çok küçük alanların bile, hemen yanı başındaki bitkili alanlara göre gündüz sıcaklığının daha yüksek, gece sıcaklığının ise daha düşük olduğu saptanmıştır (Asar ve ark., 2007). Bu da gösteriyor ki, bitki örtüsünü kaybeden alanlarda hemen kurak iklim belirtileri görülmeye başlar. Çünkü kuru topraklar, nemli topraklara göre daha çabuk ısınır ve soğur. Dolayısıyla denilebilir ki; kuraklık, çölleşmenin membaı değil, merhalesidir. Sadece kurak alanlar değil, bitki örtüsü tahrip edilen ve endüstriyel tarım yapılan tüm alanlar çölleşme sürecine girer.

Bitki örtüsünü kaybeden topraklarda nem kaybı ile birlikte mikroorganizma kaybı da başlar. Vücudumuzdaki mikroorganizmalar insan sağlığı için önemli olduğu gibi, topraktaki biyolojik canlılar da toprağın, ekosistemin ve

gezegenimizin sağlığı için çok önemlidir. Mikroorganizmalar topraktaki organik maddeleri ayrıştırarak, bitkilerin kökleriyle alıp faydalanabileceği besinlere dönüştürürler. Aynı zamanda bitkilerin fotosentezle atmosferden aldıkları karbonu toprakta depolarlar (Asan, 1993). Sağlıklı toprakların, içinde barındırdığı mikroorganizmalar sayesinde sera gazını emme yeteneği oldukça fazladır. Ancak çölleşme sürecine giren ve buharlaşma ile nemini kaybeden toprakta, hayatiyetin devamı için gerekli ortam da bozulmuş olur. Yaşam alanları bozulan mikroorganizmaların popülasyonunda azalmalar başlar.

Buharlaşma ile sadece nem ve mikroorganizma kaybı olmaz. Toprakta depolanan karbon da açığa çıkarak atmosfere karışır. Böylece toprak bünyesindeki organik karbon bileşikleri bozularak atmosfere karbondioksit salınımı gerçekleşir. Toprak organik maddelerce fakirleşerek tekstürel fraksiyonları olan kum, kil ve silt içeriği artarken; atmosfere salınan karbondioksit sera etkisi yapar.

Çölleşmenin mahiyetini daha iyi kavrayabilmek için, bu bölümde çölleşmeye etki eden unsurlar ve çölleşmenin netice verdiği felaketler, aralarındaki münasebetler ile birlikte incelenmiştir.

## 2.1 Çölleşme sürecinde endüstriyel tarım ve etkileri

İnsanlar tabiata en büyük zararı tarım uygulamalarıyla vermiştir. Tarım yapmak amacıyla doğal bitki örtüsü yok edilen alanlarda toprağı asırlar boyunca işleyerek, tek tip bitki yetiştirerek ve zirai mücadelede zehirli kimyasallar kullanarak tahrip etmiş; topraktaki karbonun salınarak atmosfere çıkmasına, sera gazı oluşumuna ve küresel ısınmaya sebep olmuştur. Bu tahribattan tüm ekosistem zarar görmüştür.

Tarım, ormancılık ve balıkçılıktan kaynaklanan emisyonlar son elli yılda neredeyse iki katına çıkmıştır. Yapılan tahminler, bu emisyonların azaltılması için daha fazla çaba sarf edilmediği takdirde 2050'ye kadar ilave olarak %30 artabileceğini göstermektedir. Tarım ve hayvancılık üretiminden kaynaklanan tarımsal emisyonlar, 2001'de 4,7 milyar ton karbondioksit eşdeğeri (CO<sub>2</sub> eşdeğeri) iken, 2011'de %14 artışla 5,3 milyar tonun üzerine çıkmıştır (FAO, 2014). Endüstriyel tarım uygulamalarıyla ve tarımda yeni tekniklerin, teknolojik alet ve makinelerin geliştirilmesiyle, dünyanın yüzey toprağının çölleşmesi büyük bir ivme kazanmıştır. Çiftçiler, birim zamanda daha çok iş yapma kolaylığı ve birim alandan daha fazla mahsul alma imkanları sayesinde, daha fazla kazanma hırsıyla toprağın bozulma sürecini hızlandırmıştır. Traktörle sürekli alt üst edilen tarım toprağının strüktürü bozulmuş, sürekli ve aşırı buharlaşma ile salınan karbon gazları nedeniyle hem toprak daha hızlı çölleşme sürecine girmiş, hem de artan sera gazları nedeniyle küresel ısınma hız kazanmıştır.

Bitkilerle kaplı sürülmemiş bir alanla, yoğun tarım yapılan bir arazinin karşılaştırılması için yapılan bir deneyde; buğday mahsulünün toplanmasının ardından toprak belirli alanlarda 10, 15, 20 ve 28 cm derinliklerde sürülmüştür. Bu araziden, sürülen derinliğe göre; ilk 500 saat içerisinde sürülmemiş alana kıyasla, sırayla 3,8, 6,7, 8,2 ve 10,3 kat daha fazla karbondioksit çıkışı olduğu tespit edilmiştir (Reicosky and Archer, 2007).

Konvansiyonel tarımda toprağın sürekli işlenmesi ve yoğun pestisit kullanımıyla, doğal yaşam alanları tahrip edilen ve zehirlenen birçok flora ve fauna türünün soyu tükenmiştir. Kültüre alınan az sayıda bitki çeşidinin yetiştirilmesi adına

binlerce çeşit bitkiye zarar verilmiş ve biyolojik çeşitlilik azalmıştır. Pestisit kullanılan toprakların neredeyse tamamında mikroorganizma miktarı minimum düzeydedir (Altıkat ve ark., 2009; Kotan ve Tozlu, 2021). Hasadı yapılan bitki artıklarının ortadan kaldırılması için anızların yakılmasıyla hem toprakta yaşayan canlılar telef edilmiş hem de toprağın bozulma süreci hızlandırılmıştır.

Toprak pullukla her sürülüşünde daha fazla verimsizleşmekte, bu verimsizliği gidermek için her seferinde daha fazla suni gübreye ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde artık iyice verimsizleşen tarım toprağına bir birim ürün için, her yıl bir önceki yıla göre daha fazla gübre atılmaktadır. Türkiye'de suni gübre tüketimi 2002 yılında 4,53 milyon ton iken 2020 yılında 7,14 milyon ton olarak (BUGEM, 2022) gerçekleşmiştir. Topraklar artık kronik stresten dolayı işleyemez haldedir ve suni gübre olmaksızın ürün veremez olmuştur. Ne var ki suni gübreler, toprağın içinde bulunduğu bu elim durumu maskeleymektedir.

Tarım makineleri, sulama pompaları, balıkçı tekneleri gibi; tarımsal üretimde kullanılan makinelere güç sağlayan fosil yakıtların emisyonları, 1990-2010 yılları arasında %75 artarak 785 milyon ton karbondioksit eşdeğerini aşmıştır (FAO, 2014). Endüstriyel tarım günümüzde toprak, su, hava ve güneş ek olarak petrole de bağımlı hale gelmiştir. Üretimde, paketlemede, depolamada ve dağıtımda kullanılan tüm motorlu araçlar petrole hareket enerjisi kazanmaktadır. Seraların ısıtılmasında ve üzerlerinin kapatılmasında, üretilen ürünlerin paketlenmesinde petrol ürünleri kullanılmaktadır. Dolayısıyla birim alandan en yüksek verimin hedeflendiği entansif tarım ve turfanda üretimin hedeflendiği sera tarımı, toprağı tahrip etmekle kalmayıp, yüksek miktarda fosil yakıt ve petrol ürünü kullanmayı zorunlu kılmaktadır.

Toprağın yanlış kullanımı ve neticesi ne olursa olsun birim alandan en yüksek verimi alma arzusu, toprağın hızlı bir şekilde bozulmasına sebep olmaktadır. Kimyasal zirai mücadele yöntemleri, gelişen tarımsal mekanizasyon ve mahsul üretim süreçlerinde tüketilen fosil yakıtlar toprağın tahribatını hızlandırmakla birlikte, ekosistemdeki doğal döngülere zarar vermekte; çevre kirliliği, biyolojik çeşitliliğin azalması, iklim değişikliği ve çölleşme gibi felaketlere sebep olmaktadır.

## 2.2 Çölleşme sürecinde erozyon, heyelan ve obrukların oluşumu

Toprağın bitki örtüsünü kaybetmesi ve sürekli işlenerek strüktürünün bozulmasıyla, toprak zerrecilerinin birbirine tutunma kabiliyeti azalmaktadır. Bu durumda Toprağın organik madde ve mikroorganizma bakımından en zengin olan üst horizonu, rüzgâr ve su erozyonuna karşı savunmasız hale gelir. Rüzgarlar, toprak zerrecilerini havaya savurur. Yağışlarda ise, toprak suyu emme fırsatı bulmadan yüzey akışı oluşur (Türkkan, 2021). En verimli topraklar, oluşan akıntılarla akarsulara, akarsularla da denize ve delta ovalarına taşınır. Bazen de etraf tepelerden akan yağmur suları, beraberinde toprağı da sürükleyerek, sel baskını olarak şehirlere, köylere zarar verir. Bulanık ve çamurlu akan akarsular, erozyonla toprak kaybının en bariz görüntüsünü oluşturur. Bitki örtüsüz toprak, yağışlardan faydalanamadığı gibi zarar görür. Doğaya verdiği zarara karşılık olarak, insan için nimet olan yağmur adeta musibet olmaktadır.

Meyilli alanlarda farklı türlerin bir arada yaşadığı doğal vejetasyonun tahribi veya işlemeli tarım altına alınarak belli kültür bitkilerinin yetiştirilmesi durumunda, söz konusu alanın heyelan riski artabilir. Böyle alanlarda toprağın korumasız bırakılması tehlikenin ve riskin boyutunu artırır. Strüktürü bozulan ve bitki köklerine tutunamayan üst toprak katmanı rüzgâr ve yağış sularıyla başka yerlere taşınmakla birlikte, büyük kütleler halinde kayarak da bulunduğu konumdan uzaklaşabilir. Oluşan erozyon ve heyelanlarla yüzeyde bulunan en verimli toprak, yerini verimsiz alt toprak katmanlarına bırakır (ÇEM, 2011).

Bitki örtüsüz meyilli alanlarda, yağış esnasında yüzey akışı olduğundan; meyilli olmayan alanlarda ise yağıştan hemen sonra topraktaki su hızla buharlaştığından, yağış suları toprak altına sızma fırsatı bulamaz ve yeterince yeraltı suları oluşmaz. Suyun hızla buharlaşması neticesinde toprakta çatlaklar ve yarıklar oluşur. Mevcut yeraltı suları ise, topraktaki yarık ve çatlaklarla oluşan hava kanallarından zaman içinde buharlaşarak tükenir. Sondaj yapılarak yeraltı sularının tarımsal sulamada kullanılması da bu tükenişi hızlandırır. Yeraltında sulardan boşalan alanlarda büyük boşluklar oluşur. Bu boşluklar nedeniyle zemin yer yer çökerek obruklar oluşmaya başlar (Yılmaz, 2010).

Normal bir ekosistemde, bitki örtüsü kökleriyle toprağı sıkıca kavrar ve toprak mikroorganizmaları bitki köklerinin salgıladığı karbonu toprakta depolar. Strüktürü iyi durumda olan topraklarda, toprak tanecikleri birbirine tutundukları için rüzgarla kolayca savrulmaz. Yağışlarda ise bitki örtüsü suyu tutarak yüzey akışı oluşmasını zorlaştırır. Toprak, doyuncaya kadar suyu emme fırsatı bulabilir. Yüzey akışı oluşsa bile, birbirine ve bitki köklerine tutunan toprak zerrelere kolayca akıntıya kapılmaz. Toprak yağıştan maksimum düzeyde istifade edebilir. Yüzey toprağı kolayca erozyona maruz kalmadığı için akıntılar ve akarsular çamursuzdur. Yeraltı sularının oluşumunda aksamlar azalır ve yağışların afete dönüşme oranı minimuma düşer.

Özetle bitki örtüsüz bırakılan alanlarda adım adım çölleşme emareleri görünmesi ile birlikte, ilerleyen süreçlerde erozyon ve heyelan gibi afetler, yeraltı sularının hızla azalması, kurak bölgelerde yer yer obrukların oluşması ve yağışların afete dönüşme oranındaki artışlar kaçınılmaz bir sonuç olmaktadır.

### 2.3 Çölleşme sürecinde karbon döngüsü

Karbon tüm canlıların temel yapı taşıdır. Karbon ve oksijenin bileşiği olan karbondioksit, bitki yapısının %50'den fazlasını oluşturan karbonun temel kaynağını oluşturmaktadır (Gültekin ve Örgün, 1994). Karbon, büyük oranda toprak bünyesinde organik ve inorganik yapıda yer almakla birlikte, canlıların dokularında ve atmosferde bulunur. Atmosferdeki karbon miktarının normalden daha fazla olması durumunda, oluşan sera etkisi nedeniyle küresel ısınma meydana gelmektedir. Topraktaki karbon miktarının azalması halinde ise toprak, organik maddece fakirleşmekte, üzerinde barındırdığı biyolojik çeşitlilik azalmaktadır (Koçyiğit, 2008).

İnsanlar ve hayvanlar her nefes verişinde, atmosfere karbondioksit gazı verir. Bitkiler ise fotosentezle atmosferdeki karbondioksiti alarak karbona ve yapı elemanlarına dönüştürür. Karbonun bir kısmını sürekli olarak köklerine göndererek kök eksüdası salgılar. Kök eksüdası yoğun karbon içerir. Toprak

mikroorganizmaları, kök salgılarıyla hem beslenir hem de toprak içinde karbon depolar. Aynı zamanda mikroorganizmalar, topraktaki besinleri asimile eder ve bitkilerin kökleriyle alarak faydalanabileceği formlara dönüştürür. Bitkileri tüketen hayvanlar ve insanlar karbonla beslenmiş olur (Ontl and Schulte, 2012).

Karbon ve sera gazları negatif etkili gibi görünse de gerçekte karbon tüm yaşamın temelini oluşturur. Sera gazları ise dünyadan uzaklaşan ısının tutulmasını ve dünyanın yaşanılır halde kalmasını sağlar (Gülçubuk ve Parça, 2020). Sağlıklı bir ekosistemde toprak, üzerindeki bitki örtüsü ve bünyesindeki mikroorganizmalarla, atmosferdeki karbondioksiti emme özelliğine sahiptir. Böylece karbon büyük oranda toprakta depolanır. Ancak üzerindeki bitki örtüsü yok edilerek çıplak bırakılan ve sürekli işlenerek alt-üst edilen topraklar, buharlaşma eğilimine girerek nem kaybeder. Karbon ise oksitlenerek (CO<sub>2</sub>) buharla birlikte atmosfere karışır. Bünyesindeki nem ve karbonu kaybeden toprakta, kum, kil ve silt içeriği artar. Bu olaya çölleşme denir.

Günümüzde dünyada 500'den fazla sabit ölçüm istasyonunda atmosfer ile karasal ekosistemler arasındaki sera gazı değişimi düzenli olarak takip edilebilmektedir (Şaylan, 2015). Bu istasyonlardan elde edilen bilimsel ve görsel verilere göre, toprağın işlendiği aylarda atmosferde devasa karbondioksit bulutları oluşmaktadır. Toprağın bitkiyle kaplandığı aylarda ise bu karbondioksit bulutları bitkiler tarafından çekildiği için yok olmaktadır. Bu da gösteriyor ki, tabiat bitkiyle dolu olduğu zaman ekosistem sağlığına kavuşmaktadır.

Bitkiler, atmosferdeki karbonu toprakta depolaması ve bu faaliyetiyle karbon döngüsünün önemli bir unsuru olması nedeniyle; bitki örtüsüz kalan topraklarda, azalan karbona bağlı olarak toprak canlıları ve mikroorganizma sayısında, humus ve organik içeriğinde hızla azalma olur. Günden güne su tutma ve bitki besleme kabiliyetini, toprak canlılarına habitat olma özelliğini yitirir. Karbon döngüsünde meydana gelen düzensizlik ile toprakta tutulamayan karbon, atmosfere karışarak sera gazlarının yapısında önemli bir yer teşkil eder. Sera gazlarının ciddi oranda artmasıyla gezegenimizin sıcaklığı da günden güne artar. Bu da beraberinde kuraklığı ve suya olan ihtiyacı artırır. Değişen iklimler, toprak mahsullerinin yetiştirme alanlarını da değiştirir. Karbon döngüsündeki bu problem, ekosistemdeki diğer doğal döngüleri de olumsuz etkiler. Bölgeler ve kıtalar arası büyük kitlesel göçlere, kıtlığa, karmaşaya ve anarşiye sebep olur.

### 2.4 Çölleşme sürecinde su döngüsü

Dünyamızdaki suların okyanus, atmosfer ve karalar arasında küresel boyutta geçiş yapmasına su döngüsü (hidrolojik döngü) denir. Tüm yağışların %86'sı okyanus ve denizlerin buharlaşmasıyla, %14'ü ise karadan buharlaşma ile oluşur. Toplam yağışın yaklaşık %22'si karaya düşerken, %78'i ise okyanus ve denizlere düşmektedir. Karalara düşen yağışta okyanuslardaki buharlaşmanın payı %89, karalardaki buharlaşmanın payı ise %11'dir. Dünyadaki suların %97,2'si deniz ve okyanuslarda tuzlu su olarak, %2,15'i karada buz kalkanları ve buzul olarak, %0,62'si yeraltı suyu, %0,029'u ise akarsu ve göl olarak bulunmaktadır (Türkeş, 2010b; Türkeş, 2012). Dünyanın gelmiş olduğu bu noktada su döngüsünde ciddi

problemler oluştuğu, karadaki su kaynaklarının ve karaya düşen yağış miktarının yaşamı tehdit eder boyutta azaldığı, önümüzdeki süreçte gezegenimizi ciddi problemlerin beklediği görülmektedir.

Normal bir su döngüsünde karalarda olması gereken tatlı su miktarı korunur. Bitkilerin yapraklarından ve karasularından buharlaşan suya ek olarak, okyanus ve denizlerden buharlaşan suların önemli bir kısmı da karaya yağmur suyu olarak düşer (Türkeş, 2012). Bitkiler, bir taraftan toprak üstü aksamıyla yağış sularını yavaşlatarak ve alıkoyarak toprağın yeterince suyu emmesini sağlarken, diğer taraftan kökleriyle toprağı tutarak kaymasını, su ve rüzgarla sürüklenmesini önler. Emilen suların bir kısmı yer altı sularını oluşturur (sızma, infiltrasyon). Bitkilere, hayvanlara ve insanlara hayat veren karasuları, yağışlarla beslenir. Karadaki suların; bir kısmı bitkilerin yapraklarından (transpirasyon), bir kısmı zemin, göl, dere ve akarsulardan tekrar buharlaşır (evaporasyon). Bir kısmı da nehirlerle deniz ve okyanuslara karışır (Gençer ve ark., 2005). Bitkiler topraktan bünyelerine aldığı suyu terleme yoluyla dışarı vermesiyle bölgeyi nemlendirir (Güler, 2011).

Bitki örtüsü sık olan alanlarda toprağın buharlaşması minimumdur. Toprağın yüzeyi açıldıkça ve bitki örtüsü seyreklikçe buharlaşma artar (Karaoğlu, 2010). Bitki örtüsünü kaybeden alanlarda su döngüsü bozulur. Toprağın aşırı buharlaşarak su kaybetmesi, ekosistemde işlerin ters gittiğine dair en bariz emaredir. Karaoğlu (2010)'nun yaptığı araştırmaya göre Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait rastgele seçilen 20 istasyonun 30 yıllık (1976-2005) sıcaklık, yağış, buharlaşma ve nem değerlerine ait verileri incelenmiş; genel olarak buharlaşma değerlerinde ve sıcaklıklarda artma, yağışlarda ve nem değerlerinde azalma eğilimleri gözlenmiştir. Çıplak alanlarda toprağın buharlaşması ortamı kuraklaştırır. Toprakta açılan yüzeyin genişliğine ve derinliğine göre su kaybı değişir. Endüstriyel tarım yapılan ve sık olarak kültivasyon uygulanan topraklar, sürekli aktarılarak su kaybına uğradığından strüktürü bozulur, organik maddece fakirleşir, kronik strese girer ve çölleşme süreci hızlanır.

Nemli bölgelere daha çok yağmur yağar (Gençer ve ark., 2005). Bitkiler yapraklarıyla terleyerek ortamı nemlendirir ve adeta yağmuru davet eder. Arnold et al. (2020), yaptıkları bir araştırma neticesinde ağaçların yağışla çok güçlü bir etkileşime sahip olduğu, orman örtüsü büyüklüğünün ve ağaçların sis suyu toplama kabiliyetinin yağış miktarını artırdığı sonucuna varmışlardır.

Çıplak toprak ısıya duyarlıdır. Çok küçük alanda bile toprak çıplak bırakıldığı takdirde, bitki örtülü alana göre gece daha soğuk, gün ortasında daha sıcak olmaktadır (Asar ve ark., 2007). Küçük bir alandaki bitki örtüsüz bırakılan toprakta iklimsel değişim görüldüğüne göre, dünyadaki arazilerin yarısından fazlası çıplak kaldığı takdirde büyük çaplı kuraklıklar görülür ve makroklima değişir.

Kurak alanlar, dünya karasal alanının %40'ından fazlasını oluşturmaktadır (Kassas, 1995; Nunez, 2019). Yaklaşık 2 milyar insan bu alanlarda yaşamaktadır ve 2030 yılına kadar tahminen 50 milyon insan göç etmek zorunda kalabilir (Nunez, 2019).

Kuraklık, toprağın çölleşmeye karşı en savunmasız olduğu son evredir. Tehlike kuraklık evresinde tam anlamıyla görünür hale gelir. Bu evredeki bölgenin nem oranı bitki örtülü bölgelere göre ciddi oranda düşüktür. Kurak bölgelerde toprak çoraklaşır ve su kaynakları kurur. Yağışlarda suyun toprağa düşme

şiddetini azaltacak ve alıkoyacak, aynı zamanda toprağı sıkıca kavrayarak sürüklenmesini önleyecek bitki örtüsü olmadığından; çok çabuk yüzey akışı oluşur ve toprak yüzeyindeki en verimli tabaka sürüklenerek akıntılara karışır. Toprak suyu yeterince emme fırsatı bulamadığından dolayı yeraltı suları da oluşmaz. Akıntılar birleşerek sele dönüşür. Çoğu zaman yerleşim yerlerinde ve alçak alanlardaki tarım arazilerinde sel baskınları meydana gelir. Yüzey akışı oluşmayan düz alanlarda emilen su ise hızla buharlaştığı için toprakta çatlak ve yarıklar oluşur. Toprak yağışla aldığı suyu kaybetmekle kalmaz. Açılan yarıklar ve çatlaklarla, zamanla toprak derinliğine kadar inen hava kanalları oluşur ve yeraltı suları bu kanallardan buharlaşarak yok olur. Canlılar için en faydalı olan yağışlar, kurak bölgelerde faydalı olmaktan daha çok zararlı olmaya başlar.

Gezegendeki su varlığının %2,15'ini bünyesinde tutan buzulların (Türkeş, 2012) tamamen eridiği bir dünyada, okyanuslardaki su oranı %99,35'e çıkarken, karadaki su oranı %0,65'e düşecektir. Çünkü eriyen sular ya akarsulara karışarak denizlere ulaşır ya da buharlaşma neticesinde büyük bir kısmı okyanus ve denizlere yağmur olarak taşınır. Dolayısıyla eriyen buzul sularını karada tutmak imkansızdır. Mevcut %0,62 oranındaki yeraltı suları (Türkeş, 2012) da tarımda kullanılarak tüketilirse, karadaki su miktarı tükenme noktasına gelir.

Küresel ısınma nedeniyle dağların üzerinde kar kütleleri halinde suyun depolanamaması ve kutuplardaki buzların erimesiyle; karalar susuzluktan kavrulurken, deniz ve okyanuslarda sular yükselir, rakımı deniz seviyesinde olan yerleşim alanları sular altında kalır. İklim değişikliği ile birlikte artık kar yağışı olmayan bölgelerde, karın yalıtkanlığı sayesinde kışı geçirerek bahara ulaşan bitki türleri yok olma sürecine girer. Yaz boyunca yavaş yavaş eriyerek yeraltı suyu, akarsu ve içme suyu kaynaklarını besleyen karın yokluğu ile; su kaynakları ciddi miktarda azalır ve bu kaynaklardan beslenen biyolojik çeşitliliğin varlığı tehlikeye girer (Akın, 2013).

Su döngüsünün bozulmasıyla kara alanlarına düşen yağış miktarı ciddi oranda azalırken, buna bağlı olarak kara suları da azalır. Su döngüsü ile birlikte karbon döngüsünün de bozulmasıyla çölleşme ve iklim değişikliği süreci hızlanır. Bu durum biyolojik çeşitlilik ve insanlığın geleceği için felakettir.

## 2.5 Çölleşme sürecinde sosyoekonomi

Kuraklık ve beraberinde getirdiği kıtlık ve felaketler, tarihte birçok medeniyetin çöküşünü belirleyen sebepler olmuştur. Bugün de benzer şekilde dünyanın birçok bölgesinde aynı sorunlar yaşanmaktadır. Ekilebilir tarım toprakları hızla bozulurken, dünya nüfusu giderek artmaktadır. Yakın gelecekte dünyanın bugünlere göre çok daha ağır kuraklık ve açlık felaketleri ile karşı karşıya geleceği tahmin edilmektedir (Görcelioğlu, 1992). Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi çerçevesinde çölleşme, bir kalkınma sorunu olarak değerlendirilmektedir. Sözleşmenin temel hedeflerinden biri, sürdürülebilir kalkınma yolunda çölleşmenin toplumsal ve ekonomik etkilerini en aza indirmektir (Güneş, 2011).

Kuraklık yaşanan ülkelerin en önemli sorunlarından biri gıda güvenliğidir. Gıda güvenliği; gıda ürünlerinin piyasada yeterince varlığı, satın alınabilecek fiyata sahip olması, kalite ve hijyen koşullarının tamamının bir arada olmasıyla mümkündür. Söz konusu şartlardan herhangi birinin eksik olması durumunda

gıda güvenliği mümkün değildir. Tarımsal üretimin azalması, ürünlerin kalitesinin düşmesi, gıda arzının azalması ve gıda fiyatlarının yükselmesi; özellikle düşük gelirli grupların gıdaya erişiminin zorlaşmasına, yetersiz beslenmeye, açlık ve ölümlere neden olmakta, ülkelerin gıda güvenliği tehlike altına girmektedir (Dellal, 2014). Çölleşme, ekilebilir alanların azalması, su kaynaklarının ve biyolojik çeşitliliğin yok olmasıyla neticelendiği için tarımsal üretimi ve gıda güvenliğini etkilemektedir. Çölleşmenin kuraklık evresinde olan bölgelerde su kıtlığı arttıkça, su tüketiminde en fazla paya sahip olan tarım sorgulanır hale gelmekte; su, sadece öncelikli ihtiyaç olan içme ve temizlikte kullanılır olmaktadır.

Toprağı verimsiz ve suyu kısıtlı olan bölgelerde yaşayan insanların ekonomik olarak yaşantılarını sürdürmeleri zorlaştığından bu durum göç sorununu da beraberinde getirmektedir (Metinoğlu ve ark., 2014). Toprakları karbon ve organik madde eksikliğine bağlı olarak toz ve kuma dönüşen alanlar, su kaynakları da yeterli değilse üretim alanı olmaktan çıkmakta; üretimi yapılamayan veya sınırlı olarak üretilen ürünlerin fiyatında artışlar, tüketici refahında azalışlar söz konusu olmaktadır. Tarımsal sanayi, tarıma dayalı sanayi ve gıda sanayi, tarımsal üretimin azalışına bağlı olarak gündün güne işlevini kaybetmekte ve bu sektörlerde çalışanlar işsizlik sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır. Dünyanın kuraklık yaşayan bölgelerinde işsizlik oranı yüksek ve iş imkanları kısıtlı olması nedeniyle insanlar çok düşük ücretle çalıştırılmaktadır. Hane halklarının gelirleri temel ihtiyaçları karşılayamaz olduğunda, gündün güne çölleşen bu topraklardan göçler olmakta ve olmaya devam etmektedir (Başköy ve Kanlı, 2018; Gülçubuk ve Parça, 2020).

Son yüzyılda dünyada arazi tahribatının etkileri en ciddi şekilde 1968-1973 yılları arasında Afrika'da bulunan Sahel Kuşağı'nda görülmüştür. Bu trajedi nedeniyle yaklaşık 100 bin insan hayatını kaybetmiş, 750 bin kadar insan ise gıda yardımına muhtaç hale gelmiştir. Bu süreç bölgede yaşayan 50 milyonluk nüfusu farklı ölçeklerde etkilemiştir (ÇMUSEP, 2019).

Dünya Bankası raporuna göre, acil önlem alınmadığı takdirde Sahraaltı Afrika, Güney Asya ve Latin Amerika'da 143 milyondan fazla insan; 2050'ye kadar iklim değişikliği, kuraklık, mahsul kıtlığı ve denizlerin yükselmesi nedeniyle göç etmek zorunda kalacaktır (Rigaud et al., 2018).

Yerküredeki 4 milyar hektardan fazla alanı ve 110 ülkede yaşayan 2 milyar nüfusun yaşamını doğrudan tehdit eden çölleşme ve kuraklık, çevresel bir problem olmanın yanında ekonomiyi ve toplumsal yaşamı da olumsuz yönde etkilemektedir. Toprak verimliliği ekonomik olmaktan çıkan bölgelerde işsizliğe, zorunlu göçlere ve anlaşmazlıklara zemin hazırlamakta; gıda ve güvenlik, birçok ülke için önemli bir problem haline gelmektedir (ÇEM, 2011). İklim değişikliği ve kuraklığın neden olduğu işsizlik ve yoksulluk nedeniyle köylerden kentlere göç artmaktadır. Kentlerin demografik yapısının değişmesi ve nüfusunun artmasıyla birlikte suç oranları da artmakta (Metinoğlu ve ark., 2014), geçim kaynağı seçenekleri azalan insanlar, özellikle genç erkekler cazip çıkış yolu öneren terör örgütlerinin ağına kolayca düşmektedir (Hein, 2018).

### 3. Çölleşmeyi Tersine Çevirme Yolunda Sürdürülebilir Tarımın Önemi

Sürdürülebilir tarım, tarıma yönelik tüm faaliyetlerde doğal unsurların korunmasını ve gözetilmesini özünde barındırır. Yok olmanın eşiğine gelmiş tarım topraklarının restore edilerek devamlılığını sağlamak ve sürdürülebilir kılmak için elimizdeki tek çaredir. Sürdürülebilir tarım, bir taraftan üretim yaparak toprak mahsullerinden faydalanırken, diğer taraftan da ekosistemdeki doğal döngülere ve çevreye saygı duymak, tabiatı oluşturan tüm varlıkların hukukunu tanımaktır. Üretim yaparken doğal unsurlara hükmetmek ve onları yönetmek yerine, tüm unsurlarıyla var olan sistemin bir parçası olmaktır.

Dünyamızın karşı karşıya kaldığı bu ciddi problemler karşısında ilk yapılması gereken şey; tehlikenin farkına varmak, doğaya saygı duymak ve insanlığı tehdit eden bu tehlikelerin toprağın sağlığına kavuşturulmasıyla bertaraf edilebileceğine inanmaktır. Bu nedenle çevreye, toprağa ve tarıma bakış açısının tamamen değiştirilmesi, tarım uygulamalarında köklü değişikliğe gidilmesi gerekir.

Doğanın fitri yapısına uygun ekip biçmekten başka çare yoktur. Toprağı düzeltmeye yönelik küresel tedbirler alındığı takdirde sera gazları emilerek toprak altında depolanabilir, iklim dengelenebilir ve toprak gerçek verim seviyesine ulaşabilir. Karbon olması gerektiği yerde, yani toprak altında depolandığında toprak organik maddece zenginleşecektir. Böylece hem ekosistem sağlığına kavuşacak hem de daha fazla gelir elde edilecektir.

Dünyanın iklimini dengede tutmak için kullanılacak en güçlü karbon bağlama teknolojisi, bitkilerin fotosentez yapması ve topraktaki mikroorganizmaları beslemesidir. Bunun en iyi şekilde yapılıp, en çok karbonun çekilebileceği yöntem ise sürdürülebilir tarımdır. Yani ekosistemdeki hasarı onaran ve iyileştiren tarım yöntemidir.

Toprağın üzerinde sürekli canlı bitkiler tutularak uygulanan bu tarım sisteminde toprak; mikroorganizma, böcek, solucan vs. gibi milyarlarca canlı için habitat olur. Biyolojik canlı artışı, bu tarım yöntemiyle sağlanmış olur. Sürekli işlenen topraklarda ise nem ve karbon kaybı ile birlikte birçok bitki türleri ve toprak canlıları yok olmaktadır.

Sürdürülebilir tarım için atılacak en köklü ve kararlı adım, toprak işlemenin olabildiğince az derinlikte ve az tekrarla olmasıdır. Kültivasyon işlemi minimuma indirilmelidir. Yerleşik tarıma geçişle başlayan toprak işleme uygulaması saban ve pulluk kullanımıyla günümüze kadar varlığını sürdürmüştür. Bu uygulama modern tarımdaki en yıkıcı uygulamalardan biridir ve çölleşmenin önemli bir müsebbibidir. Halbuki çiftçilikteki ana araç topraktır, traktör veya pulluk değildir.

Biyolojik çeşitliliğin azalmasının en önemli sebeplerinden biri kimyasal zirai mücadele yöntemleridir. Birçok bitki türü "yabancı ot" adı altında ve birçok hayvan türü "zararlı" adıyla 20. yüzyıldan buyana kimyasal mücadeleye tabi tutulmaktadır. Bu bitki ve hayvanların kimyasal mücadele ile teorik olarak kontrol altına alınması amaçlansa da, pratikte aşırı pestisit kullanımı nedeniyle popülasyonlarının azaldığı ve netice olarak soylarının tükendiği gözlemlenmektedir (Kaplan, 2017). Bitki ve hayvan türlerini yok etme kabiliyetine sahip olan pestisitlerin zirai mücadelede kullanımı, mümkün olabildiği ölçüde minimuma düşürülmelidir. Hastalıklara, zararlılara ve yabancı

otlara karşı pestisit kullanımını yerine organik, biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemleri tercih edilmelidir.

Biyosekestrasyon alanlarını artırmadan atmosferdeki karbondioksit seviyesini düşürmek mümkün değildir. Biyosekestrasyon, toprak üzerinde sürekli bitki örtüsü bulundurulmasıyla atmosferdeki karbonun tutulması ve toprakta depolanmasıdır. Ormansızlaşmaya yönelik ciddi tedbirler alınmalı ve sürdürülebilir tarım uygulamasıyla kültivasyon işlemi en aza indirilerek tarım topraklarında sürekli canlı bitki bulundurulmalıdır. Gezegenimizde yeşil alanlar kararlı bir şekilde artırılırsa global ısınma tersine çevrilebilir. Biyosekestrasyon aslında milyonlarca yıldır var olan, karbonu atmosfere alıp güvenli bir şekilde toprakta depolamayı sağlayan, bitkilerin toprak mikroorganizmalarıyla ortaklaşa çalıştığı bir sistemdir. Atmosferdeki karbonu toprağa depolamak çok büyük bir teknoloji gerektirmez. Sadece insanlığın doğaya saygı duyması ve doğayla iş birliği yapması yeterlidir.

İklimi dengelemede başarılı olmak için, yenilenebilir enerjilere geçilmelidir. Bu geçiş önemli bir adım olmakla birlikte, tek başına yeterli olmayacaktır. Çünkü yenilenebilir enerji, şimdiye dek atmosferde biriken karbon yükünü azaltmayacaktır. Sanayi devriminin başladığı 1750'li yıllardan beri fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, arazi kullanımı değişiklikleri, tarımsal sektörde makinenin kullanımının artması ve sanayileşmeye bağlı olarak (Kılıç, 2009; Karaoğlu, 2010); atmosfere salınan sera gazlarından karbondioksitte %35, metanda %152, diazotmonoksitte %17 artış olmuştur (Justus and Fletcher, 2006). Atmosfere milyarlarca ton eşdeğer karbondioksit pompalanmıştır (Doğan, 2005). Sera gazı emisyonu şu an durdurulsa bile karbon yükü hala atmosferde olacak ve dünyamızı ısıtmaya devam edecektir. Yani yenilenebilir enerji, bozulan makroklimaları dengelemek için yeterli değildir. Ancak büyük oranda küresel ısınmaya sebep olan fosil yakıtlara, mükemmel bir alternatiftir.

Sürdürülebilir tarıma dönüm başına daha fazla verim alınabilir. Tüm tarım sistemleri sürdürülebilir tarıma göre şekillendirilebilir. Bunun için en başta kültivasyon işlemi en aza indirilmeli ve olabildiğince doğrudan ekim yapılmalıdır. Doğrudan ekim makineleri dünyanın her yerinde vardır ve daha da geliştirilebilir. Pulluk ve benzeri aletler toprağa büyük zararlar vermesine karşın; doğrudan ekim makineleri küçük bir yarık açarak dönüm başına belirli bir miktar tohum bırakmakta, az bir toprakla tohumların üzerini kapatarak sıkıştırılmaktadır. Bu sistemle bitkiler toprakta en az nem kaybıyla yetişmektedir. Toprak, üzerinde canlı bitkiler oldukça atmosferden daha fazla karbon bağlamakta ve organik madde miktarı artmaktadır.

Karışık bitki örtüsü, toprağın ömrünü ve işlevini artırmaktadır. Tek bir ürün yetiştirilen topraklarda, toprak biyolojisi sadece bir tür kök eksüdasıyla beslenir. Birden fazla türün yetiştirildiği toprakta biyolojik zaman hızlandırılmış olur. Uzun yıllarda tamamlanacak iyileşme daha kısa sürede tamamlanır. Toprağın organik içeriği hızla zenginleşir. Bitki kök tüyleri toprağın altında birbirine tutunur ve bitkileri birbirine bağlar. Yüzey toprağında organik maddenin artmasıyla birlikte, bitki kökleriyle sıkı tutulan toprak erozyona karşı korunur. Bitki köklerini büyüten, besleyen madde karbondur. Fotosentezle atmosferden alınan karbon, bitkinin bünyesinden geçerek kök sistemine iner. Ölü kök dokularındaki karbon ise humusa dönüşür.

Rehabilit edilecek alanlarda otlayacak hayvanlar, toprağın iyileşme sürecini hızlandırır. Hayvanların canlı bitkileri otlaması, karbon döngüsünün bir parçasıdır. Sığırlara aslında mobil mikroorganizma deposu ya da mikroorganizma tedarikçisi de denilebilir. Çünkü sığırlar yedikleri bitki liflerini parçalamak için işkembelerindeki mikroorganizmaları kullanır. Hayvanlar dışkıladıklarında toprağa bir mikroorganizma yığını ve yedikleri otların tohumlarını bırakır. Bu, toprak için büyük bir güç ve zenginlik kaynağıdır. Böylece hayvan otlatılan alanlarda bitkiler artar ve toprak organik maddece zenginleşir. Bu nedenle bitki örtüsünü kaybetmiş ve çölleşmeye yüz tutmuş alanları rehabilit etmek için, gerekirse takviye ot getirip zemine yayılarak bu alanlarda hayvanlar otlatılmalı, ayrıca bu alanlara çiftlik gübresi serilmelidir.

Çölleşmeyi tersine çevirmek için çiftlik hayvanlarının kullanılması, dünya topraklarının büyük bir kısmında çok düşük bir maliyetle uygulanabilir. Otların büyümesini sağlayan şey, hayvanların dışkıları, idrarı ve toynaklarıdır. Hayvanlar uniform otlatıldığında, otlatılan alandaki bitkilerin tekrar büyümesine fırsat verilmiş olur. Hayvanların dışkıları sayesinde birçok çeşit tohumun yeşermesi sağlandığı gibi, var olan otların daha da kuvvetlenmesi ve yayılması sağlanır. Tekrar yeşertilen alanlarda büyük miktarda karbon toprağa depolanabilir. Toprağa karbonun depolanması, iyileşmeye doğru dönüşüm sürecinin başladığı anlamına gelir.

Artık hayvanlar meralardan daha çok besi ünitelerinde tutulmaktadır. Besi üniteleri muazzam miktarda sera gazı üretmektedir. Çiftlik hayvanlarının sindirim sistemindeki mikroorganizmalar tarafından yiyecekler mayalanır. Bu işleme enterik fermantasyon adı verilir. Bu olay sonucu oluşan metan, hayvanlar nefes alıp verirken dışarı atılır (Moss et al., 2000). Enterik fermantasyondan kaynaklanan emisyonlar 2001-2011 yılları arasında %11 artarak, sektörün toplam sera gazı üretiminin yüzde 39'unu oluşturmuştur (FAO, 2014).

Bu olumsuzluklar neticesinde atmosferdeki metan gazı artışından çiftlik hayvanlarını ve hayvansal ürün üretimini sorumlu tutmak, bilimsel ve ekonomik gerçeklere uygun düşmemektedir. Bu problemi çözmenin yolu, BM İklim Değişikliği Konferansı (COP25) Paris Uyumlu Tarım Çağrısı (Harwatt et al., 2020)'nda olduğu gibi hayvansal ürün üretimini azaltmak, hayvancılık için üretim tavanını belirlemek ve hayvancılık ürünlerine olan talebi azaltmak olmamalıdır. Dünyada ciddi bir açlık sorunu varken, hayvancılığı sekteye uğratabilecek girişimler iyi bir çözüm yolu olmayacağı gibi, beraberinde daha büyük problemleri getirecektir. Problemin kaynağı çiftlik hayvanları değil, entansif yetiştiricilik yöntemleridir. Koyuncu ve Akgün (2018)'ün belirttiği gibi canlıların sera gazı üretmesi doğal döngü içerisinde olması gereken bir işlemdir. Düzensiz olan, ekosistemin emisyon mekanizması değil, yutak (sera gazlarını atmosferden alan) mekanizmasıdır. Bu nedenle bütün ilgiler toprağa yönelmeli, tüm gayretler çıplak alanların bitkilendirilmesi için sarf edilmeli, entansif ve monokültür tarım yerine ekstansif ve permakültür tarım benimsenmelidir.

Hayvancılıktan kaynaklanan toplam metan gazının yaklaşık %10'u anaerobik gübre depolanmasından üretilmektedir. Hayvanlar barınak yerine otlakta buldukları takdirde gübre doğrudan toprağa bırakılmakta, bu da hayvan gübresinden kaynaklanan emisyonları azaltmaktadır (Koyuncu ve Akgün, 2018). Çiftlik hayvanlarının otlakta planlı olarak otlaması



sağlanırsa, atmosferdeki karbon seviyesinde büyük bir düşüş sağlamak için gereken yeterli alan canlanacaktır. Toprak işleme yapılan birçok alanda yem bitkisi yetiştirilmektedir. Bir taraftan ekiliş alanlarında topraklar çölleşirken, diğer tarafta besi üniteleri sera gazı yaymaktadır. Halbuki çiftçiler sürdürülebilir tarıma geçerek hayvanlarını besi üniteleri yerine yem bitkisi ekilişi yaptıkları arazilerde otlattıkları takdirde hem topraklarını güçlendirip kârlarını artırabilir hem de ekosistemin iyileşmesine katkıda bulunabilirler.

Küresel ısınma ve kuraklaşmanın hızla artmasıyla karadaki su miktarının tükenme noktasına gelmesi, tarım için ciddi bir tehdittir. Bununla birlikte karaya düşen yağışlar, çoğunlukla bitki örtüsüz alanlarda erozyon, heyelan ve sel baskını gibi doğal afetlere sebep olmakta veya yağıştan hemen sonra hızla buharlaşmaktadır. Bu durum zaten az olan kara suyunu zararlı hale getirmekte, faydalı su miktarının azalmasına sebep olmaktadır. Bu olumsuzluklara karşılık, su döngüsü sistemiyle tuzlu okyanus ve deniz suyunun buharlaşıp karaya tatlı su olarak yağması; hem masrafsız hem de problemlerin çözümü için ümit vericidir. Bu sistemle, karaya taşınan suların olabildiğince karada kalması sağlanarak susuzluğa karşı tedbir alınabilir. Bunun için; endüstriyel tarımdan acilen sürdürülebilir tarıma geçilmeli, toprağı işlemeye ve kazmaya yönelik faaliyetler minimuma indirilmeli, tüm örtüsüz alanlar bitkilendirilmeli, yeraltı suları mecburiyet dahilinde ve sadece içme suyu olarak kullanılmalı, mümkün olduğu kadar barajlar, göletler ve bentler yapılarak akarsular ve yağış suları karada tutulmalıdır.

Sürdürülebilir tarımın belirleyici en önemli özelliklerinden biri de; çevreye, toprağı ve diğer unsurlara en az zararlı tarımsal üretim faaliyetlerini barındırmasının yanında, bitki, su ve yiyecek atıklarının geri dönüşümle tekrar tarımda kullanılması işlemlerini içermesidir. Bir başka ifade ile döngüsel tarımı da kapsayan bir ekolojik tarım metodudur. Bu uygulama ile bitki artıkları, atık sular ve evsel atıklar geri dönüşümde kullanılmalı, kanalizasyonlar ise arıtılarak temiz su ve organik gübre elde edilmeli, bu son çıktılar tekrar tarımda ve çölleşmeye yüz tutmuş alanların rehabilitesinde kullanılmalıdır (Çerçioğlu, 2018).

#### 4. Sonuç

Dünya bir organizmadır. Karada, suda ve atmosferde bulunan her bir varlık, gezegenimizin sağlıklı, düzenli ve intizamlı bir şekilde hayatını devam ettirmesi için hizmet etmektedir. Her bir canlının soyu tükendiğinde dünya bir uzvunu kaybetmekte, her bir doğal unsur zarar gördüğünde ekosistemde ve ekosistem içindeki doğal döngülerde arızalar baş göstermektedir.

Tüm bozulma olayları birbiriyle ilişkilidir ve toprağın özelliklerinde, erozyona karşı dirençte, element ve karbon depolama kapasitesinde değişikliklere yol açar (Cebeauer and Hofierka, 2008). Toprak, dünyanın ve içindeki tüm canlıların hayatının devamı için ana unsurdur. Montanarella and Alva (2015), Toprağın zarar görmesiyle; karbon ve su döngüsünün bozulduğunu, dünyanın çölleşme sürecine girdiğini ve biyoçeşitliliğin yok olduğunu belirtmiştir. Ayrıca başta iklim değişikliği, küresel ısınma ve kuraklık olmak üzere erozyon, heyelan, sel baskını gibi birçok tehlikelere ve zararlara kapı aralanmaktadır. Kısaca toprak zarar gördükçe, dünya yavaş yavaş ölmektedir.

Dünya üzerinde insanların müdahale etmediği alanlarda herhangi bir bozulma olmadığı, doğadaki tüm döngülerin düzen içinde, çevrenin nezafet içinde olduğu görülmektedir. Bu da göstermektedir ki, insan haricindeki tüm varlıklar ekosistem içerisinde kendilerine düşen vazifelerini eksiksiz olarak yerine getirmektedir. Blum (1998), olumsuz değişimlerin yoğun bir şekilde devamlı meydana gelmesi ve bu değişimlerin, doğal sistemlerin kendi kendini onarma kapasitelerinden daha büyük olması durumunda çölleşmenin meydana geldiğini belirtmiştir. Doğaya olumsuz müdahaleler azaldığı takdirde bu durum tersine çevrilebilir ki, Berry et al. (2003), yapmış oldukları çalışma ile arazi bozulmasının kontrol edilebilir ve geri döndürülebilir bir süreç olduğunu ortaya koymuştur. Montanarella and Alva (2015) ise bitkilendirme, ağaçlandırma ve ormanlaştırma ile; çölleşmenin, iklim değişikliğinin ve biyolojik çeşitlilik azalmasının tersine çevrilebileceğini bildirmiştir.

İnsan, gezegenimizdeki diğer tüm canlılar gibi hayata hizmet eden doğal unsurlara muhtaç bir varlıktır. En başta kendi varlığının devamı için ekosistem içinde birbiriyle bağlantılı döngüsel faaliyetlere saygı duymak, kendi faaliyetlerini bu döngüsel faaliyetlere uygun hale getirerek insanlığı tehdit eden tehlikeleri bertaraf etmek zorundadır.

İklim değişikliği konusunda 2500'den fazla uzmanın çalışmalarının raporlandığı, 2014 Yılı Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Raporunda (IPCC, 2014), iklim değişikliğinin nedeninin, açık ve net olarak insan eliyle olduğu belirtilmektedir (Dellal, 2014). İnsanlar, genel olarak yaşantılarıyla doğaya olumlu katkıda bulunmadıkları gibi, insanlık tarihi boyunca tarım, sanayi, balıkçılık, avcılık vs. gibi faaliyetlerle sürekli olarak ekosisteme zarar vermiş, gezegeni varoluşsal bir tehlikenin içine sokmuştur. Geliştirilen teknolojiler her ne kadar üretim faaliyetlerini kolaylaştırıp etkinliği ve verimliliği artırsa da, birçok teknolojik yeniliklerin tahribatı ağır olmuştur. Gezegenimizin sağlığını hızla kaybettiği günümüzde, insanlık ciddi bir karar aşamasına gelmiştir. Artık bu aşamada insanlığın tehlikeleri görmezden gelme lüksü yoktur.

Yaşayabileceğimiz tek bir gezegen vardır ve insanların bu gezegen üzerinde yapmış olduğu denemeler geri dönüşü olmayan bozulmalara neden olmaktadır. O halde dünyayı tahrip edici çalışmalara karşı ciddi önlemler alınmalıdır. Tarımsal faaliyetlerde kazıcı ve alt-üst edici makinelerin, zehirli kimyasalların kullanımı minimuma indirilmelidir.

Yapılabilecek en önemli şey gezegenin bir parçası olmak, doğadaki doğal süreçlere saygı duymak ve katkıda bulunmaktır. Toprak sağlığı çok hızlı bir şekilde iyileştirilebilir. Çünkü toprak sağlığı ilkeleri; makinelerle toprakta en az tahribat meydana getirmek, bitkisel üretimde çeşitlilik, toprağın bitkiyle korunması, her daim toprak üstünde canlı köklerin var olması ve hayvancılığın sürdürülebilir tarıma uygun yapılmasıdır. Bu prensipler evrenseldir ve dünyanın her yerinde geçerlidir.

Toprağı en büyük zarar tarım yoluyla verilmiştir. Tarımsal faaliyetlerde köklü bir değişime gidilirse toprak düzeltilir. Söz konusu gezegenimizin sağlığı ise, bu bir zorunluluktur. Acilen konvansiyonel tarım yerine sürdürülebilir tarım benimsenmeli ve yaygınlaştırılmalıdır. Kaynaklar ve geri dönüşüm çıktıları en iyi şekilde kullanılarak yürütülecek bu tarım yöntemi, kendi içinde geliştirilerek hem başarılı ve verimli üretim gerçekleştirilebilir hem de toprak iyileştirilebilir. Toprak



düzediğinde çölleşme tersine dönecek, biyolojik çeşitlilik artacak, iklim sorunu ortadan kalkacaktır. Böylece daha verimli topraklar ve sağlıklı bir dünya gelecek kuşaklara gururla teslim edilebilir.

### Kaynaklar

Akbolat, D., 2009. Tohum yatağı hazırlığında tapan kullanımının topraktan CO<sub>2</sub> çıkışına etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1), 23-30.

Akın, G., 2013. Yüzyılımızın Temel Sorunlarından Biri; Buzulların Erimesi. Antropoloji, (25), 9-27.

Altıkat, A., Turan, T., Torun, F.E., Bingül, Z., 2009. Türkiye’de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(2), 87-92.

Arnold, R., Haug, J-K., Lange, M., Friesen, J., 2020. Impact of forest cover change on available water resources: Long-term Forest cover dynamics of the semi-arid Dhofar Cloud Forest, Oman. Frontiers (18.01.2022).

Asan, A., 1993. Toprak oluşumunda biyolojik faktörler. Çevre Dergisi, 2(8), 36-38.

Asar, M., Yalçın, S., Yücel, G., Nadaroğlu, Y., Erciyas, H., 2007. Zirai Meteoroloji. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Başköy, D., Kanlı, İ. B., 2018. Küreselleşme ve çevre sorunları bağlamında göç: İklim mültecileri. Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 6(3).

Berry, L., Olson, J., Campbell, D., 2003. Assessing The Extent, cost and impact of land degradation at the national level: Findings and lessons learned from seven pilots. World Bank.

Blum, W.E.H., 1998. Agriculture in a sustainable environment- A holistic approach. International Agrophysics, 12(1), 13-24.

BUGEM, 2022. Bitkisel üretim verileri. Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Ankara.  
<https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf> (13.03.2022).

Cebecauer, T., Hofierka, J., 2008. The Consequences of land-cover changes on soil erosion distribution in Slovakia. Geomorphology, 98(3-4), 187-198.

ÇEM, 2011. Ulusal Çölleşmeyle Mücadele Sempozyumu Sonuç Bildirisi. Çorum, 17-18 Haziran 2011, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara.

ÇEM, 2016. Heyelanlar. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara.  
<https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Belgeler/yay%C4%B1nlar/yay%C4%B1nlar%202016/HEYELANLAR.pdf> (18.01.2022).

Çerçioğlu, M., 2018. Sürdürülebilir atık yönetiminde sera atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(1), 167-178.

ÇMUSEP, 2019. Çölleşmeyle Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2019-2030. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Dellal, İ., 2014. Kuraklık ve gıda güvenliği. Dünya 4 Mevsim Dergisi, 8, 22-25, Mart 2014, İstanbul.

Doğan, S., 2005. Türkiye’nin küresel iklim değişikliğinde rolü ve önleyici küresel çabaya katılım girişimleri. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 6(2), 57-73.

El-Karouri, M.O.H., 1980. Effect of Desertification and Soil Salinity on Land Productivity in the Sudan. Isotopes and Radiation Techniques in Soil and Water Conservation Studies In Africa, 115.

FAO, 2014. Agriculture’s Greenhouse Gas Emissions on The Rise. <http://www.fao.org/news/story/en/item/216137/icode/> (18.01.2022).

Gençer, M., Uğurlu, A., Kacar, M., Özcan, H., Kesim, A., Aydın, B., 2005. Hidrometeoroloji. 194 sayfa, MGM, Ankara.

Görçelioğlu, E., 1992. Çöl kavramı, çölleşme olgusu ve Türkiye. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 42(3-4), 1-20.

Gülçubuk, B., Parça, H., 2020. Dünyada Göç Hareketliliğinin Yeni Bir Belirleyicisi: İklim Değişikliği ve Etkileri. International Studies on Natural and Engineering Sciences, Doç. Dr. Aydın Ruşen Doç. Dr. Sadık Alper Yıldız, 66-85.

Güler, C., 2011. Su döngüsü. Bilim ve Ütopya, 17(205), 74-79.

Gültekin, A.H., Örgün, Y., 1994. Tarım toprağında bitki besleyici elementlerin rolü. Ekoloji Çevre Dergisi, 13(27-32).

Güneş, F., 2011. Çölleşme, Toplumsal-Ekonomik Boyut ve Sürdürülebilir Geçim Paradoksu: Konya-Karapınar Örneği. Çalışma ve Toplum, ss:19-38.

Harwatt, H., Ripple, W.J., Chaudhary, A., Betts, M.G., Hayek, M.N., 2020. Scientists call for renewed paris pledges to transform agriculture. The Lancet Planetary Health, 4(1), e9-e10.

Hein, M.V., 2018. İklim değişikliği terörü güçlendiriyor. Deutsche Welle, <https://www.dw.com/tr/iklim-degisikligi-teroru-guclendiriyor/a-42621407> (18.01.2022).

IPCC, 2014. AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (18.01.2022).

Justus, J.R., Susan R.F., 2006. Global climate change: Major scientific and policy issues. Library of Congress, Congressional Research Service.

Kaplan, E., 2017. Diyarbakır tarım alanlarında böcek biyoçeşitliliği üzerine bir değerlendirme. Türkiye Biyoetik Dergisi, 4(3), 125-133.

Karagöz, A., Doğan, O., Erpul, G., Dengiz, O., Sönmez, B., Tekeli, İ., Deviren Saygın, S., Madenoğlu, S., 2015. Çölleşme, kuraklık ve erozyonun olası etkilerinin Türkiye ölçeğinde değerlendirilmesi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, s: 118-141, Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara.

Karaoğlu, M., 2010. Çölleşme, kuraklık ve iklim değişikliği etkileşimlerine zirai meteorolojik yaklaşımlar. Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu, s:49-58.

Kassas, M., 1995. Desertification: A general review. Journal of Arid Environments, 30(2), 115-128.

Kılıç, C., 2009. Küresel iklim değişikliği çerçevesinde sürdürülebilir kalkınma çabaları ve Türkiye. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 10(2), 19-41.

Koçyiğit, R., 2008. Karasal ekosistemde karbon yönetimi ve önemi. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(1), 81-85.

Kotan, R., Tozlu, E., 2021. Bazı pestisitlerin faydalı bakteriler ve patojen bakteriler üzerine bakterisidal etkilerinin belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2), 197-212.

- Koyuncu, M., Akgün, H., 2018. Çiftlik hayvanları ve küresel iklim değişikliği arasındaki etkileşim. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2018, 32(1), 151-164.
- Lal, R., Kimbele, J. M., 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 49(1), 243-253.
- Metinoğlu, F., Doğan, Z.A., Ekinci, İ.Ö., 2014. Türkiye’de kuraklık ve çölleşmenin kırsal göçe etkileri. 2. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, Konya.
- Montanarella, L., Alva, I. L., 2015. Putting soils on the agenda: the three Rio conventions and the post-2015 development agenda. Current Opinion in Environmental Sustainability, 15, 41-48.
- Moss, A.R., Jouany, J.P., Newbold, J., 2000. Methane production by ruminants: Its Contribution to global warming. Annales De Zootechnie, 49(3), 231-255.
- Nunez, C., 2019. Desertification facts and information. national geographic, <https://www.nationalgeographic.com/environment/habitats/desertification/> (20.02.2021).
- Ontl, T.A., Schulte, L.A., 2012. Soil carbon storage. Nature Education Knowledge 3(10), 35. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/soil-carbon-storage-84223790/> (18.01.2022).
- Reicosky, D.C., Archer D.W., 2007. Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. Soil ve Tillage Research, 94(1), 109-121.
- Rigaud, K.K., de Sherbinin, A., Jones, B., Bergmann, J., Clement, V., Ober, K., Schewe, J., Adamo, S., McCusker, B., Heuser, S., Midgley, A., 2018. Groundswell. World Bank.
- Smith, P., 2012. Soils and climate change. Current Opinion in Environmental Sustainability, 4(5), 539-544.
- Şaylan, L., 2015. Küresel ve ulusal karbon bütçesinde tarımın payı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, s:82-87, Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara.
- Türkeş, M., 2010a. BM çölleşme ile savaşım sözleşmesinin iklim, iklim değişikliği ve kuraklık açısından çözümlenmesi ve Türkiye’deki uygulamalar. Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu, Konferans Bildirisi, 17-18 Haziran 2010, Çorum.
- Türkeş, M., 2010b. Klimatoloji ve Meteoroloji. Birinci Baskı, İstanbul: Kriter Yayınevi- Yayın No. 63, Fiziki Coęrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-5863-39-6, 650 + XXII sayfa.
- Türkeş, M., 2012. Kuraklık, çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi’nin ayrıntılı bir çözümlenmesi. Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi, 20(1), 7-55.
- Türkkan, F., 2021. Orman arazilerinin tarımsal kullanıma dönüştürülmesinin toprak özelliklerinde yarattığı değişim. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, M., 2010. Karapınar çevresinde yeraltı suyu seviye değişimlerinin yaratmış olduğu çevre sorunları. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 2(2), 145-163.