

ISSN: 2757-6140 (Online)



Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem

Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
ÇOBİLTUM

ÇİLT 5 • SAYI 1 • YIL 2024
VOLUME 5 • ISSUE 1 • YEAR 2024



JOURNAL OF SCIENCE-TECHNOLOGY-INNOVATION ECOSYSTEM
BİLİM-TEKNOLOJİ-YENİLİK EKOSİSTEMİ DERGİSİ

JSTIE 2024, 5(1)

Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi (BİTYED) yılda İki kez (Haziran ve Aralık) yayınlanan uluslararası veri indeksleri tarafından taranan hakemli bir dergidir. Gönderilen makaleler ilk olarak editörler ve yazı kurulunca bilimsel anlatım ve yazım kuralları yönünden incelenir. Daha sonra uygun bulunan makaleler alanında bilimsel çalışmaları ile tanınmış iki ayrı hakeme gönderilir. Hakemlerin kararları doğrultusunda makale yayımlanıp yayımlanmaz kararı alınır.

Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi'nde yayınlanan makalelerde fikirler yalnızca yazar(lar)ına aittir. Dergi sahibini, yayıncıyı ve editörleri bağlamaz. Bu sayıda yer alan tüm çalışmalar başvuru anında ve yayın öncesi olmak üzere iki kez **iThenticate** uygulaması aracılığıyla benzerlik taramasından geçirilmiştir.



Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem (JSTIE) offers free, immediate, and unrestricted access to peer reviewed research and scholarly work. Users are allowed to read, download, copy, distributed, print, search, or link to the full texts of the articles, or use them for any other lawful purpose, without asking prior permission from the publisher or the author.



Articles published in the Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem are Open-Access, distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) License. All rights to articles published in this journal are reserved and archived by the Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem, Çanakkale Onsekiz Mart University-TÜRKİYE.

Bu dergide yer alan makaleler Creative Commons Attribution CC-BY 4.0 lisansı ile lisanslanmıştır.

Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi (BİTYED)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
(ÇOBİLTUM)

Terzioğlu Kampüsü, 17100 – Çanakkale – TÜRKİYE
Telefon: +90 (286) 218 00 18 Dahili: 24006, Fax: +90(286) 218 19 48
Web: <http://bityed.dergi.comu.edu.tr> / E-mail: bityek@comu.edu.tr

ISSN: 2757-6140 (Online)



JSTIE 2024, 5(1)

The Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem is indexed by the following data indices. Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi aşağıdaki veri indeksleri tarafından taranmaktadır.



Tarım Kaynaklı Sorunlar ve Sürdürülebilir Bir Tarım İçin Çok Yıllık Yem Bitkilerinin Önemi: I. Sorunlar

Ahmet Gökkuş¹ 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Makale Geçmişi

Geliş: 18/03/2024

Kabul: 17/05/2024

Yayınlama: 07/06/2024

Derleme Makalesi

Öz: Tarım başta gıda olmak üzere insanların ihtiyaçlarını gidermek için insanlar tarafından yaklaşık 12 bin yıldır uğraşılan en kıymetli ekonomik faaliyettir. Tarım aynı zamanda ciddi çevre sorunlarının da önemli bir kaynağıdır. Artan nüfusu besleyebilmek için tarımsal üretimi artırma çabaları, yoğun girdili yıllık tek ürün (monokültür) yetiştiriciliğine dönüşüme neden olmuştur. Bunun sonucunda yoğun kimyasal kullanımı ve toprak işleme güvenli gıda üretimini zorlaştırırken, toprak kaybına, toprakların su tutma kapasitesi, organik maddesi ve canlı faaliyetinin azalmasına, biyolojik çeşitliliğin kaybına ve diğer çevre sorunlarına da kapı aralamıştır. Üstelik tek ürün yetiştirilen hemen hemen bütün tarımsal ekosistemlerde bu sorunlar yaşanmıştır. Bu durumun üstesinden gelebilmek için değişik çevre dostu alternatif tarım sistemleri geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur. Bu makalede tarım kaynaklı bu olumsuz etkiler, yapılan bilimsel çalışmalardan yararlanılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarımın sorunları, erozyon, organik madde, besin elementleri, tarım ilaçları, biyolojik çeşitlilik

Problems Originating from Agriculture and the Importance of Perennial Forage Crops for Sustainable Agriculture: First Category Problems

Article History

Received: 18/03/2024

Accepted: 17/05/2024

Published: 07/06/2024

Review Article

Abstract: Agriculture is the most valuable economic activity that people have been engaged in for about 12 thousand years to meet people's needs, especially food. Agriculture is also a major source of serious environmental problems. Efforts to increase agricultural production in order to feed the increasing population have led to a transformation into annual monoculture cultivation with intensive inputs. Consequently, while intensive usage of chemicals and tillage make safe food production difficult. It also opens the door to soil erosion, decrease in soil water holding capacity, organic matter and biological activity, loss of biodiversity and other environmental problems. Furthermore, these adverse effects have been experienced in almost all agricultural ecosystems where monocropping is implemented. Various environment-friendly alternative agricultural practices have been developed and put into practice to overcome these adverse effects. In this review paper, these adverse effects, caused by agriculture, have been evaluated and taking benefits in the lights of scientific studies.

Keywords: Problems of agriculture, erosion, organic matter, nutrients, pesticides, biodiversity

¹Correspondence (Sorumlu yazar): agokkus@yahoo.com

Citation (Alıntı): Gökkuş, A. 2024. Tarım kaynaklı sorunlar ve sürdürülebilir bir tarım için çok yıllık yem bitkilerinin önemi: I. Sorunlar. Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi, 5(1): 1-16.

Giriş

Modern insan 100 bin yıl kadar önce Afrika'da ortaya çıkmış (Harris, 2005), yaklaşık 10-12 bin yıl önce tarıma (bitkisel ve hayvansal üretime) başlamış ve dünyadaki ekosistemlerin çoğunu tamamen değiştirmiştir (Mazoyer ve Roudart, 2006). Binlerce yıl süren bu süreçte insanlar, doğrudan diğer hayvanların rekabeti ve avlanması, dolaylı olarak da ormansızlaştırma ve tarım için arazi kullanımı yoluyla ekosistemleri yeniden şekillendirmiştir. Bugün de tarım, muazzam arazi kullanımı nedeniyle dünya üzerinde büyük bir etkiye sahip olmaya devam etmektedir. Bu sebeple son yarım asırda tarımsal genişleme küresel ekosistem bozulmasının ardındaki baskın sebep olarak görülmektedir (MEA, 2005). Dünyanın kara yüzeyinin %75'i insan eylemleri sonucu önemli ölçüde değişmiştir (UNEP, 2023) ve yaşanabilir topraklarının yarısı ve tatlı su kaynaklarının da %70'i tarımda kullanılmaktadır. Aynı şekilde tatlı ve tuzlu su kaynaklarında önemli sorun teşkil eden ötrofikasyonun da %78'inden tarım sorumludur (Ritchie ve ark., 2022). Ekosistemlerin tarıma dönüşmesi gıda üretimini artırmış, ancak aynı zamanda diğer ekosistem işlevlerini (su akışının düzenlenmesi vb.) ve hizmet üretme kapasitesini (biyolojik çeşitliliğin sağlanması vb.) de azaltmıştır. Son 50 yıldaki gıda üretimi artışının yarısından çoğu diğer ekosistemlerle yapılan ticaret yoluyla, yani üretkenlik artışı ile değil, tarımsal genişleme ile gerçekleşmiştir. Bunun sonucunda canlı çeşitliliği azalmış ve daha duyarlı bir üretim sisteminden (yüksek verimli, ancak strese duyarlı bitkiler) kaynaklanan kırılğanlıklar artmıştır (Falkenmark ve Rockström, 2008).

Dünyada çevre üzerinde tarımın bu etkileri özellikle sanayileşme ile hızlanmıştır. Çünkü sanayileşme ile birlikte fosil yakıt ve kimyasal kullanımında büyük artışlar yaşanmıştır. Bu da ticari tek ürünlü tarımı (monokültür) teşvik etmiş ve çevre üzerindeki olumsuzlukları da aynı ölçüde yükseltmiştir. Nitekim insanlar çiftçiliğe başladığından bu yana yaklaşık 7.000 bitki türü yetiştirmişler (Khoshbakht ve Hammer, 2008) ve bunların da çoğunu yerel ve küçük ölçekte üretmişlerdir. Ancak bugün sadece 30 bitki türü dünya nüfusunun enerji ihtiyacının aşağı yukarı %90'ını karşılamaktadır. Bunlar içerisinde buğday, çeltik ve mısır gibi tahıllar ise küresel olarak tüketilen gıda enerjisinin yaklaşık yarısını sağlamaktadır (FAO, 2008). Türkiye'de ise buğday, arpa ve mısır en çok ekilen ve üretilen bitkilerdir. En fazla ekilen üç bitki dünyada toplam tarım alanlarının yarısına yakını, Türkiye'de ise yarısından fazlasını oluşturmaktadır.

Dünyada sanayinin gelişmesi ile birlikte makineleşmenin artması, doğal olarak enerji kullanımını da artırmıştır. Enerji kaynakları içerisinde fosil yakıtlar başı çekmiştir. Zira dünyada tüketilen enerjinin %80'inden fazlası fosil yakıtlardan (petrol, kömür, doğalgaz) karşılanmaktadır (Ağırlioğlu ve Ağırlioğlu, 2020; Şahin ve Karhan, 2021). AB'de 2021 yılında harcanan enerjinin %70'ini fosil yakıtlar oluştururken, Türkiye'de bu oran %84 seviyesindedir (Euronews, 2023). Tarımda makineleşme ile birlikte fosil yakıt kullanımı artmıştır. Makineleşme aynı zamanda daha büyük arazilerin işlenmesini mümkün kılmış ve tek ürün yetiştiriciliğini öne çıkarmıştır. Yüksek üretimi yakalayabilmek için üretiminde fosil yakıtların bulunduğu tarımsal girdilerin kullanımı da artmıştır. Örneğin ABD'de mısır yetiştirmek için gereken enerjinin %99,95'i fosil yakıt kaynaklıdır (Crews ve ark., 2018). Türkiye'de de ekonomik büyümede tarımsal enerji tüketimi etkili bir yere sahiptir (Kapçak ve ark., 2023). Zira 3,8 litre benzin 100 saatlik insan emeğine veya günde sekiz saatle yaklaşık 2,5 haftalık çalışmaya eşdeğer iş enerjisi sağlayabilmektedir (Pimentel ve Pimentel, 2008).

Türkiye'de toplam enerjinin %3,2'lik kısmı tarım sektöründe kullanılmaktadır (Şahin ve Karhan, 2021). Buna göre, tarımda kullanılan enerji miktarı, toplam enerji tüketimi içerisinde oldukça düşük düzeydedir. Bunun yanında kullanılan enerjinin önemli bir kısmı ticari tarım ile ilişkilidir. Daha yüksek üretimi hedefleyen ve daha çok girdi kullanımını gerektiren bu tarım sistemi, ancak enerji (özellikle fosil yakıt enerjisi) girdisinin artırılması ile mümkün olabilmektedir.

Sera gazlarına bağlı olarak küresel ısınma sorunu, tarımsal üretimi ve tarımda sürdürülebilirliği önleyen önemli faktörlerden birisidir. Yetersiz veya aşırı yağışlar, yağış dağılımının ve sıcaklık değişimlerinin düzensizliği, erozyon sorununun artması ile toprak kayıpları, seller, sıcaklık değişimleri sonucunda mevsimlerin kayması vb. tarımsal ekosistemlerde giderek daha sık karşılaşılan sorunlar haline gelmiştir. Bu sorunların kaynağı olarak kabul edilen sera gazı salınımının yaklaşık %14'ü de tarımsal faaliyetlerden ileri gelmektedir (TÜİK, 2022a). Bu sebeple bitkisel üretimde verimliliği düşürmeden makine (fosil yakıt) kullanımını azaltan sistemlerin araştırılması ve ortaya konması, tarımın sürdürülebilirliği bakımından oldukça önemlidir.

İki kısımdan meydana gelen bu bilgi paylaşımının ilkinin oluşturduğu sorunlar, ikincisinde (Gökkuş, 2024) ise sorunların çözümünde bir seçenek olarak çok yıllık yem bitkileri yetiştiriciliği ele alınmıştır.

Toprak Oluşumu ve Kaybı

Toprak, yeryüzünü kaplayan ince bir tabakadır ve ana kayanın ayrışmasıyla oluşur. Çoğunluğunu mineral parçacıklar meydana getirir. Bunların yanında belirli oranlarda organik madde, hava ve su bulunur. Organik maddeye dahil edilen canlı organizmalar da toprağın en işlevsel özelliğidir. Bütün bu unsurlar yavaş, ama sürekli etkileşim halindedir. Karada yaşayan canlıların varlığı toprağa bağlıdır. Besinlerinin çoğunu (minerallerin tümünü) topraktan alan bitkiler insan ve hayvanlar için temel besin kaynağıdır (Andiç, 1993). Buna karşılık toprak kolayca zarar görebilir veya uzaklaşabilir.

Toprak anakaya, iklim, canlı, arazi yapısı ve zaman gibi birçok faktörün etkisi ile oluşur ve bu oluşum anakayanın parçalanması ile başlar. Parçalanmada su, sıcaklık değişimi, rüzgâr, canlı organizmalar, kimyasal tepkimeler ve fiziksel olaylar etkili olur (Şimşek, 1993). Belirli bir toprağın özelliği toprak oluşum sürecine bağlıdır ve bu süreç tarımsal uygulamalar gibi insan müdahalesi ile büyük ölçüde değişir (Delgado ve Gomez, 2016).

Anakayanın yapısı ve mineral bileşimi toprak oluşum hızını ve oluşan toprakların özelliklerini belirler. Daha sıcak veya daha nemli iklimlerdeki topraklar, daha soğuk veya daha kuru iklimlerdekilere göre daha gelişmiştir (Sindelar, 2015). Sıcaklık ve yağış toprakta cereyan eden fiziksel ve kimyasal olayların miktarını ve hızını tayin eder. Sıcaklık ve yağış bir yerdeki iklimin kurak ya da nemli olmasını, bu da toprak tipini tayin eder (Ergene, 1993). Arazi yapısında, özellikle kuzey ve güney bakımlar arasında iklim ve buna bağlı toprak özellikleri arasında önemli değişimler olur. Bu da toprak oluşum hızını ve oluşan toprakların karakterini belirler. Örneğin güney yamaçlarda topraklar daha sıg, kurak, erozyona açık ve daha killidir (Andiç, 1993). Kuzeye bakan topraklarda ise ayrışma daha yüksek seviyededir (Egli ve ark., 2015).

Eğim, oluşan toprakların aşınma ve taşınmasına tesir eder. Eğim arttıkça su erozyonu da artar (Şensoy ve Palta, 2009; Zhang ve ark., 2015; Gao ve ark., 2020; Mutlu ve ark., 2021) ve %10 eğimden sonra erozyon hızlanır (Zhu ve Zhu, 2014). Bu sebeple toprak işlemeli tarımda eğimin %10-12'yi aşmaması önerilir. Aksi halde teraslama ve eğime dik sürüm gibi özel önlemlerle tarım yapılmalıdır. Ülkemizde halen toprak işlemeli tarım alanlarının %13,4'ünün bu eğim sınırının üzerindeki arazilerde (V-VII. sınıf araziler) yer alması (Haktanır ve ark., 2010), bu alanlardaki erozyonun sebeplerinden birini oluşturmaktadır.

Toprak canlıları ve bitkilerin toprak oluşumu ve gelişiminde önemli yeri vardır (Culman ve ark., 2010; Usman ve ark., 2016) ve bu iklimle ilişkilidir. İklimin canlı gelişimi için uygun olduğu ortamlarda biyolojik faktörlerin toprak oluşumuna etkileri artarken, elverişsiz iklimde azalır. Örneğin toprak kurudukça bitki büyümesi azalır, bu da yüzey tabakasının kararlılığını azaltır ve daha fazla toprak kaybına izin verir. Bunun uç örneği de çölleşme sürecidir (Sindelar, 2015).

Toprak oluşumunda zamanın etkisi dolaylıdır. Anakaya, iklim, arazi yapısı ve canlı faktörlerin tesiri zamanla ortaya çıkar. Toprak oluşum süreci uzun vadeli olup, Dünyadaki toprakların çoğunun mevcut durumunu oluşturması 10.000 yıldan fazla zaman almıştır (Balasubramanian, 2017). Sadece 1 cm toprak orta iklimlerde 200-400 yılda meydana gelir ve verimli bir alanın oluşması için yeterli toprak inşası 3.000-12.000 yıl alır (Anonim, 2024).

Su ve rüzgâr gibi erosif güçlerin etkisi ile toprakların buldukları yerden koparılıp taşınması olan erozyon, toprak özelliklerine, zemin eğimine, bitki örtüsüne, yağış miktarı ve yoğunluğuna bağlı olan karmaşık bir süreçtir (Montgomery, 2007). Erozyon üzerinde en büyük etkiler arazi yapısı (%47,6) ve bitki örtüsünden (%34,8) ileri gelir. Ayrıca erozyonun %38,7'si tarım alanlarında gerçekleşmiştir. Dünyanın birçok bölgesinde de toprakların bozulması ve erozyon, bitki ve hayvan yetiştiriciliğinde üretkenliği azaltarak gıda güvenliğini ve insan sağlığını etkilemektedir (Sena, 2019).

Arazi kullanımındaki değişiklikler toprak erozyonunu da büyük ölçüde artırır. Artan insan nüfusunu beslemek için başvuru alan tarımsal faaliyetler tarım alanlarından kaynaklanan erozyonu istikrarlı bir şekilde yükseltmiştir (Hooke, 2000). Toprak işlemeli tarımda her yıl bir ya da birkaç kez yapılan toprak işleme sonucunda koruyucu bitki örtüsünün kaldırılması, uygun olmayan arazi kullanımı veya toprak yönetimi, toprağın erosif güçlere karşı tutunmasını zorlaştırır ve aşınım taşınmasını kolaylaştırır. Toprağın işlenmesi ile yeniden koruyucu bitki örtüsünün oluşması arasında geçen sürede topraklar erozyona karşı korumasız kaldıkları için tarım alanlarında erozyon iyi meralar ve ormanlar gibi doğal bitki örtülerine göre çok daha yüksektir (Demir ve ark., 2017).

Geleneksel olarak sürülen tarım alanlarındaki erozyon, toprak üretimi, doğal bitki örtüsündeki erozyon ve uzun vadeli jeolojik erozyon oranlarından ortalama 1 ila 2 kat daha fazladır. Bu şekilde sürülen tarlalarda hızlandırılmış net erozyon oranı yaklaşık 1 mm/yıl olarak belirtilmiştir (Montgomery, 2007), hatta bazı kaynaklarda bunun 50 mm'ye kadar ulaşabildiği rapor edilmiştir (Delgado ve Gomez, 2016). Bu durum toprak profili derinliğinin azalmasına ve bozulmasına yol açmaktadır (Delgado ve Gomez, 2016). Erozyon sebebiyle yeryüzünden toprak kaybı, oluşumundan 13-18 kat daha hızlıdır (FAO, 2008). Eğer toprak oluşumu toprak kaybindan daha yüksekse, erozyon zararlı olmaz (Hurni, 1983). Bu yüzden sürdürülebilir bir erozyon miktarına ulaşmak, toprak koruma uygulamalarının temel hedeflerinden biridir. Burada çok yıllık bitkiler daha uzun süre toprağı koruyan örtü oluşturmak suretiyle toprak kayıplarını önemli ölçüde azaltabilirler (Zhang ve ark., 2011; Dixon ve Garrity, 2013).

Erozyonun sebepleri içerisinde bitki örtüsü önemli bir yer tutmaktadır. Bitki ile kaplı alan arttıkça erozyon ile toprak kayıpları azalmaktadır. Toprak yüzeyinde sürekli örtü oluşturan doğal bitki örtüleri (mera, orman) erozyonun ve bunun sonucu besin elementi kaybının en az görüldüğü yerlerdir. Genellikle orman ve mera örtüleri ile kaplı alanlarda yüzey akışı düşen yağışın %10-20'sini aşmadığı halde, bitki örtüsü olmadığında bu oran %60-70'e kadar yükselebilmektedir (Morrow ve ark., 2017). Yıllık olarak yetiştirilen ve toprağı yeterince kaplamayan bitki örtülerinde toprak ve besin elementlerinin kaybı oldukça yüksek düzeydedir. Örneğin, mısır ve soyanın yalın ve karışık ekimlerinde en yüksek besin elementi (N, P, K) kaybı yalın ekilen mısır parsellerinde kaydedilmiştir (Bashagaluke ve ark., 2018).

Türkiye'de su erozyonu sonucu yıllık toplam toprak kaybı 8,24 ton/ha olarak hesaplanmış, tarım alanlarında gerçekleşen kayıp ise 8,36 t/ha olarak belirtilmiştir (Erpul ve ark., 2020). Bunun yanında yine ülkemizde 2020 yılı itibarıyla erozyonla taşınan yıllık toprak miktarı 140 milyon tondur. Yer değiştiren toprağın da %53,7'si mera, %38,7'si tarım, %4,2'si orman ve %3,4'ü diğer arazilerde gerçekleşmiştir (ÇEM, 2021). Bu toprak kayıpları, iklimden, eğimden, arazilerin bölünmesinden, ürün deseninden, toprak işleme uygulamalarından ve koruma önlemlerine dikkat edilmemesi gibi hususlardan ileri gelmektedir. Halen 3 milyon ha alanda toprağı belirli bir süre boş (ürünsüz) bırakan nadas yapılmaktadır (TÜİK, 2022b). Bunun bir bölümünü elbette kuraklık zorunlu kılmaktadır. Nadas alanlarını azaltmaya yönelik olarak ürün deseninde kurağa dayanıklı yonca ve korunga gibi çok yıllık yem bitkilerine yer verilmesi (Tosun ve ark., 1987), toprakların korunmasına büyük katkı sağlayacaktır.

Yüzey Akışı ve Suyun Toprağı Girmesi

Yağış suyunun yetiştirilen bitkiler tarafından en yüksek seviyede kullanılabilmesi için yüzey akışının en az, suyun toprağı girişinin (infiltrasyon) ve toprakta kullanılabilir halde depolanmasının en fazla olması gerekir. İnfiltrasyon bitkiler ve toprak canlıları için gerekli suyun ana kaynağıdır (Huffman ve ark., 2013; Haghazari ve ark., 2015). Yağışın yüksek, arazinin eğimli ve toprağı giriş oranının zayıf olduğu durumlarda yüzey akışı yükselir (Wallance, 2000) ve beraberinde su ve toprak kayıplarında artış meydana gelir. Kötü yönetim ile suyun toprağı girişi kısıtlanırsa, bitkisel üretim, toprak canlıları ve toprak organik maddesi azalır (Haghazari ve ark., 2015). Buna karşılık yağış suları toprağı ne kadar çabuk ve kolay girerse, yüzey akışı ile su ve birlikte toprak kayıpları da en aza iner (Aksakal, 2011). Toprağı giren suyun da toprakta hareket etme kolaylığı büyük ölçüde mikro gözeneklerin boyutuna ve kalıcılığına bağlıdır. Bu da toprak bünyesi, toprak parçacıklarının kümelenme derecesi ve parçacıklar ve kümelerin düzeni ile ilişkilidir. Ayrıca topraktaki daha büyük gözeneklerin boyutları ve kararlı yapısı, suyun toprağı girişini kolaylaştıracaktır (Huffman ve ark., 2013).

Eğimin derecesi ve uzunluğu, infiltrasyonu ve buna bağlı olarak yüzey akışı ve toprak kaybını önemli ölçüde etkiler (Fox ve ark., 1997; Janeau ve ark., 2003; Parsons ve ark., 2006; Rahardjo ve ark., 2021). Arazi örtüsü ve arazi kullanımı da suyun toprağı girişinde belirleyicidir. Bitki örtüsü yüzey akışını geciktirir ve suyun yüzeyde tutulmasını, sızmasını ve topraktaki miktarını artırır. Suyun girişini etkileyen çeşitli toprak işleme ve arazi yönetimi şartları, yüzey akışı oranı ve miktarında doğrudan etkilidir (Huffman ve ark., 2013).

Toprak işleme hem yüzey akışı ve yağış sularının toprağı girişini hem de bunların sonucunda bitkiler tarafından suyun kullanımını belirler. Toprak işleme yüzeydeki bitki örtüsünü uzaklaştırdığı için yüzey akışının artmasına sebep olur (Kosmas ve ark., 1997; Molla ve ark., 2022). Buna karşılık toprağın uzun süre işlenmeden üretimde kullanımında, yağmur ve sulamadan kaynaklanan daha yüksek sızma ve daha az yüzey akışı olabilir (Deck, 2010).

Yüzey akışının başlattığı toprak erozyonu tarımsal ekosistemlerdeki kritik bir çevre sorunudur. Erozyon hızlı yüzey akışı nedeniyle su tutma kapasitesini ve toprağın organik maddesini azaltır. Sonuçta besin elementleri ve değerli toprak biyotası taşınır (Duran Zuazo ve Rodriguez Pleguezuelo, 2008). Yüzey akışını azaltarak erozyonun kontrolü ve bozulan toprağın yenilenmesi için en etkili önlemlerden biri, bitki örtülerinin oluşturulması ve korunmasıdır. Bitki örtüsü yağışı engelleyerek yüzey akışını önemli ölçüde azaltabilir ve yağmur damlalarının etkilerini zayıflatarak suyun toprağa sızmasını kolaylaştırabilir (Llorens ve Domingo, 2007; Huang ve ark., 2013). Bitki ile kaplı alanın %60'ın üzerinde olması, yüzey akışını etkili bir şekilde azaltır, suyun toprağa girişini de önemli ölçüde artırır (Huang ve ark., 2017).

Çok yıllık buğdaygiller yıl boyu toprak yüzeyini kaplar, devam eden ot hasadında bile erozyonu önemli ölçüde sınırlar. Örneğin, yüzey akışı *Agrostis stolonifera*'da %69, *Lolium perenne*'de %65, *Poa pratensis*'de %53, *Festuca rubra rubra*'da %44 ve *Festuca arundinacea*'da %25, toprak kayıpları ise %90'ın üzerinde azalmıştır (Geren ve Yönter, 2007). Hasat ile toprak üstü kütlesi uzaklaştırıldığında, buğdaygillerin yüzeyde yoğunlaşmış olan saçak kökleri erozyona karşı direnç gösterebilir (Kort ve ark., 1998). Bunun yanında buğdaygiller hızla çimlenip tam bir zemin örtüsü sağladıkları için çoğu yerde erozyon kontrolünde en etkili bitkilerdir (Brindle, 2003). Güçlü çok yıllık otsu türlerden oluşan örtü de yüzey akışını ve sediment kaybını azaltır ve toprak organik maddesini, toprak yapısını ve toprağın su ve mineral tutma kapasitesini iyileştirerek toprağın gelişim süreçlerini destekler (Duran Zuazo ve Rodriguez Pleguezuelo, 2008).

Sulama, Tuzlulaşma ve Su Basması

Bitkilerin büyümesinde en önemli faktör olan su, yetersizliğinde yapay olarak verilebilmektedir. Ancak bitki ve diğer çevre faktörleri yeterince dikkate alınmadan yapılan sulamanın yararından çok zararı olabilmektedir.

Fosil yakıtların yakılmasıyla bağlantılı insan faaliyetleri küresel çevre üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Metz ve ark., 2005). Geleceğe yönelik projeksiyonlar, iklim değişikliğinin sel ve kuraklık gibi iklim şoklarında büyük bir artışa ve özellikle kuraklığa eğilimli ortamlarda genel yağışta kademeli bir düşüşe yol açacağını göstermektedir. Tarım dünyanın en büyük doğrudan suya bağımlı insan faaliyeti olduğundan, bunun gıda güvenliği üzerinde güçlü etkileri vardır. Bu nedenle kuraklığın etkilerinin azaltılması gelecekte daha da önem arz edecektir. Erişilebilir tatlı su yılda 12.500-15.000 km³ olup, bunun toplam yıllık karasal yağışın %11-13'ü olduğu tahmin edilmektedir. Bu sebeple yarının dünyasını beslemek, suya bağlı farklı ekolojik işlevler arasında su alışverişi anlamına gelecektir (Rockström, 2003).

Su yenilenebilir bir kaynaktır, ancak kullanılabilirliği değişken ve sınırlıdır. Dünyadaki hemen hemen her ülke yılın belirli zamanlarında su kıtlığı yaşamakta ve bugün 43 ülkede yaklaşık 700 milyon insan su kıtlığı çekmektedir (UNDESA, 2023). Artan nüfusun ihtiyaçları arttıkça kişi başına düşen temiz su kaynakları hızla azalmaktadır (Pimentel ve ark., 1997). Nüfus artışı yalnızca kişi başına düşen su varlığını azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda tüm çevre sistemini zorlamaktadır. Tarım dünyadaki tatlı suyun yaklaşık %70'ini tüketmekte olup (Singh ve ark., 2014), sulamayla ilgili kirlilik, erozyon, yüzey akışı ve tuzlulaşma gibi faktörler ile suyun verimsiz kullanımı su kaynaklarının azalmasına katkıda bulunmaktadır (Pimentel ve ark., 1997).

Bitkiler fotosentez, büyüme ve üreme için suya ihtiyaç duyarlar. Suyun küçük bir kısmı bitkinin kimyasal yapısının bir parçası olup, geri kalanı atmosfere salındığı için bitkiler tarafından kullanılan su geri kazanılamaz. Karbondioksit bağlanması ve sıcaklık kontrolü süreçleri, bitkilerin muazzam miktarda su tüketmesini gerektirir. Bitkiler üretilen kg kuru madde başına 300-2000 l arasındaki su tüketirler. Bu hayvansal üretimde çok daha yüksektir. Örneğin, 1 kg sığır eti üretiminde su kullanımı 43.000 litreye kadar çıkmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bitkisel ve hayvansal ürün üretimi için gerekli tahmini su miktarları

Table 1. Estimated amounts of water required for plant and animal production

Bitki	Su ihtiyacı (l/kg KM)	Hayvan	Su ihtiyacı (l/kg KM)
Soya	2.000	Broyler piliç	3.500
Çeltik	1.600	Et sığırtı	43.000
Yonca	1.100	Koyun	51.000
Buğday	900		
Mısır	650		
Patates (kuru)	630		
Kocadarı (sorgum)*	267		

Kaynak/Source: Singh ve ark., 2014

Dünyada tarım alanlarının yaklaşık %80'inde yağmurla beslenen tarım sistemi (çoğunlukla kuru tarım) hakim olup, bu sistem küresel gıda üretiminin 2/3'üne katkı sağlamaktadır (Oweis ve Hachum, 2009). Ekili alanların yalnızca yaklaşık %17'si sulanmakta ve bu sulanan topraklar dünya gıda üretiminin %40'ını temin etmektedir (FAO, 2002). Sulamaya bağlı sorunlar (tuzlulaşma, su basması, siltasyon) verimliliği düşürmeye devam etse de, sulanan alan miktarı yavaş yavaş artmaktadır. Fakat hızlı nüfus artışı kişi başına düşen sulanan alan miktarının sürekli azalmasına sebep olmaktadır (Gleick, 2002).

Sulu tarımın verimlidir, ancak daha çok enerji gerektirir. Genel olarak sulu tarımda tüketilen enerji miktarı, yağmurla beslenen bitkiler için harcanandan önemli ölçüde daha fazladır. Örneğin sulu buğday, kuru buğday üretmek için gereken enerjinin üç katından fazlasını harcar. Yağmurla beslenen buğday hektara yılda yaklaşık 4,2 milyon kcal enerji girdisi gerektirirken, sulu buğdaya ortalama 5,5 milyon l su sağlamak için 14,3 milyon kcal enerji lazımdır (Singh ve ark., 2014).

Tuzlulaşma sulamadan kaynaklanan önemli bir sorundur. Tuzlar doğal olarak yıkandığı için yağmurla beslenen ürünlerde tuzlanma bir sorun değildir. Ancak sulama suyu bitkilere verildiği ve bu su da terleme ve buharlaşma ile atmosfere geri döndüğünde, çözünmüş tuzlar toprakta yoğunlaşarak bitki büyümesini engeller. Bu tuz birikimi tatlı su ile temizlenebilir, fakat bunun önemli bir maliyeti vardır. Dünyada tüm sulanan toprakların yaklaşık yarısı tuzlulaşmadan olumsuz etkilenmektedir. Tuzlu toprak tarafından tahrip edilen dünya tarım arazisi miktarının her yıl 10 milyon hektar olduğu tahmin edilmektedir (Singh ve ark., 2014). Ayrıca sulanan tarlalardan gelen drenaj suyu da büyük miktarlarda tuz içermektedir.

Sulama sonucu yaşanabilen başka bir sorun da su basmasıdır. Sulama kanallarından ve sulanan tarlalardan sızan sular üst toprakta birikebilir. Pompalama ve taşıma sırasındaki su kayıpları nedeniyle mahsulün sulanması için ayrılan suyun yaklaşık %60'ı ürüne ulaşmaz (Wallace, 2000). Yeterli drenaj olmadığında, bitki kök bölgesi de dahil olmak üzere üst toprak seviyelerinde taban suyu yükselir ve bitkinin büyümesi bozulur. Bu tür sulanan tarlalar verimsiz hale geldikleri için bazen "ıslak çöller" olarak da adlandırılırlar (Singh ve ark., 2014).

Organik Madde (OM) Kaybı

Küresel olarak toprak organik maddesi, atmosfer veya karasal bitki örtüsünün üç katından fazla karbon içerir (Schmidt ve ark., 2011). Bu sebeple toprak kalitesi ve işlevselliğinin devamı, sürdürülebilir tarım ve ürün verimliliğinin merkezinde OM vardır (Johnston ve ark., 2009; Gosling ve ark., 2013). Toprak OM'si, (a) henüz parçalanmamış bitki ve hayvan artıkları, (b) parçalanmış ve humus olarak adlandırılan maddeler ve (c) büyük ve küçük toprak canlıları (edafon, biyota) olmak üzere üç kısımdan oluşur. OM toprakların su tutma kapasitesini artırır, havalanmasını temin eder, yapısını düzeltir, daha çabuk ısınmasını sağlar, katyonları tutarak bitkilere besin maddesi temin eder, toprak canlılarını ve faaliyetlerini artırır, topraklarının işlenebilirliğini kolaylaştırır ve daha kolay tava gelmesini sağlar, kaymak bağlanmasını önler, yüzey akışını engelleyerek erozyonu azaltır ve tamponluk etkisi ile topraklarda ani pH değişimlerinin önüne geçer (Kononova, 1966; Johnston ve ark., 2009; Çakmakçı ve Erdoğan, 2012). Toprakların OM miktarını ekim nöbeti, toprağın işlenme süresi ve tekniği, bitki örtüsünün durumu, bitki atıklarının yakılması veya gömülmesi, kullanılan tarım tekniği ve gübreleme yanında, sıcaklık ve yağış rejimi gibi iklim faktörleri etkilemektedir.

Uygun tohum yatağı hazırlamak, yabancı otları kontrol etmek, gübre, pestisit ve diğer katkı maddelerini toprağa karıştırmak için tarım toprakları uzun yıllardır farklı sayı ve derinliklerde işlenmektedir. Yoğun toprak işleme kısa vadede tohum için ideal bir ortam oluştururken, uzun sürede toprağın kalite göstergelerini olumsuz hale getirmektedir (Bayram ve ark., 2015). Zira toprak işleme yoğunluğu ile toprak OM'si arasında genellikle negatif bir ilişki vardır ve artan toprak işlemeye paralel olarak toprak OM'si azalma eğilimi göstermektedir (Polat, 2020). Bu yüzden toprağın tarımsal üretimde kullanılması, genellikle uzun bir süre boyunca toplam organik maddesinde bir düşüşe neden olmuş (Johnson, 1991; Bot ve Benites, 2005; Sleutel ve ark., 2006), bu da toprağın işlevlerini etkilemiştir. Bu durum hem canlı kütle hem de biyolojik çeşitlilik açısından toprak biyotasının azalmasına sebep olur. Toprak OM'sini ayrıştırarak ve toprak parçacıklarını bağlayacak organizmaların olmadığı yerlerde ise toprak yapısı yağmur, rüzgâr ve güneşten kolayca zarar görür. Bu ise yağmur suyunun akışına ve toprak erozyonuna yol açarak organizmalar için potansiyel gıda olan üst toprağın OM'sini ortadan kaldırabilir (Bot ve Benites, 2005). Toprak sürüldüğü zaman bitki artıkları hava ile birlikte toprağa karışıp birçok mikroorganizma ile temasa geçerek karbon döngüsünü hızlandırır. Ayrışma daha çabuk gerçekleşir ve bu durum

daha az kararlı humus oluşumuna ve atmosfere daha çok CO₂ salınımına ve sonuçta OM'de azalmaya sebep olur (Bot ve Benites, 2005). Doğal ekosistemlerden tarımsal ekosistemlere geçiş, toprak karbonunda (organik maddede) büyük bir kayba yol açar ve bu kayıplar ılıman ve tropik bölgelerde %60 ve %75'e kadar çıkabilir (Lal, 2004).

Toprağın seyrek işlendiği ya da işlenmediği daimi yem bitkileri örtülerinde OM daha yüksek seviyelerdedir (Johnston ve ark., 2009). Zira çok yıllık otsu türlerden oluşan doğal bir merada bitkilerin ürettiği karbonun %50-67'si toprakta tutulurken, buğday, mısır, ayçiçeği gibi yıllık bitkiler üretimlerinin %15-30'unu toprak altına tahsis ederler. Dolayısıyla çok yıllık bitki örtüsünden yıllık ürünlere geçişte meydana gelen kökle ilişkili OM azalması, toprak OM'sinin tarımla birlikte azalmasının da temel sebebini oluşturur (Crews ve ark., 2018).

Çok yıllık bitkilerin bir üretim sistemine en önemli katkısı, köklerinin tüm yıl boyunca kök salgılarını ve çürüyen kök hücrelerini bırakması ve bunların da toprak organizmaları tarafından bir enerji kaynağı olarak kullanılmasıdır. Topraktaki besin ağı yıllık bitkilerin yetiştirilmediği kurak mevsimlerde bile korunur. Sonuçta toprak canlıları bir sonraki hasat mevsiminin başında ürüne besin sağlamak için yerinde kalmış olur (Bot ve Benites, 2005).

Besin Elementlerinin Tutulması ve Kaybı

Besin elementi, bir organizmanın normal yaşam döngüsü için mutlaka bulunması gereken ve onun görevini başka elementlerin yerine getiremediği elementtir (Aydemir ve İnce, 1988). Buna göre bir organizmanın yaşamı besin elementlerinin varlığına bağlıdır. Eksikliğinde yüksek ve sürdürülebilir bir üretim mümkün olmaz. Bu sebeple tarımsal ekosistemlerde muhtelif yollarla kaybolan besin elementlerinin yerine konması için hemen hemen her yetiştirme döneminde gübrelere başvurulur.

Tarımsal ekosistemlerden besin elementi kayıplarının en önemli kısmını erozyon meydana getirir ve kaybolan miktar da erozyonun boyutuna bağlıdır. Bu yüzden bitkisel üretim ve çevre için çok faktörlü bir tehdit olan erozyon (Bashagaluke ve ark., 2018), besin elementi kayıplarına ve toprak yapısının bozulmasına sebep olur (Wu ve ark., 2023).

Tarım sistemlerinden kaynaklanan toprak P kaybı gelecekte gıda ve yem üretimini sınırlayacak boyuttadır. Yüksek kimyasal gübre girdisine rağmen dünya toprakları P açısından tükenmekte olup, yıllık kayıpların 0,4-1,9 kg/da arasında değiştiği düşünülmektedir. Bu kayıplarda temel etken erozyondur. Bu durumda gelecekte dünyada mineral P gübresinde mutlak bir kıtlığın olabileceğini varsayılmaktadır (Alewell ve ark., 2020).

Yıllık ürünlere göre çok yıllık bitkilerin daha az sıklıkta işlenmesi ve toprak yüzeyinin daha uzun süre bitki ile kaplı olması, topraktaki OM'nin ayrışmasını ve besin kaybını azaltırken, daha büyük kök sistemlerine sahip çok yıllıklar besin elementlerini daha büyük bir toprak hacminden alırlar (Kaspar ve ark., 2008; Moore ve ark., 2019). Bu durum çok yıllık yetiştiricilikte besin elementi ihtiyacını da azaltmış olur (Crews, 2005).

Toprak Canlılarının Tepkisi

Toprağın biyolojik olarak etkin güç merkezini oluşturan toprak canlıları (biyotası), yaşam döngülerinin tamamını veya bir kısmını toprakta geçiren çok sayıda organizma topluluğunu ifade eder. Toprak canlıları ağırlıklı olarak bakteri ve mantarlardan oluşur ve bunlar çoğu toprakta bulunan canlı kütleinin %95'ini temsil ederler. Ayrıca mikro-fauna (nematodlar, protozoa), mezo-fauna (Collembola, akarlar) ve makro-fauna (solucanlar, termitler, yumuşakçalar vb.) da toprak ortamındaki organik madde ve ilgili besin maddelerinin dönüşümünü belirleyen karmaşık besin ağı sistemlerinde bulunurlar (Wardle, 2002; Condron ve ark., 2010). Toprak canlıları bitki artığında, toprağın birkaç santimetrelik üst kısmında ve kökler boyunca yoğunlaşmıştır. Bu organizmalar birbirleriyle, bitki kökleriyle ve çevreleriyle etkileşime girerek toprağın besin ağını oluştururlar (SQI, 2001).

Toprak canlılarının kütlesi toplam toprak organik maddesinin nispeten küçük bir kısmını oluşturmasına karşın, bu organizmalar tarımsal ekosistemlerin temel işlevsel unsurlarından biridir. Besin maddelerinin tutulması ve döngüsü, toprağın OM'sinin ve fiziksel yapısının inşası ve kontrolü ile bitki örtüsünün dinamikleri gibi ekosistem hizmetlerinde belirleyici rol oynarlar (Hendrix ve ark., 1990). Karbon tutma ve depolama, azot bağlama, suyun toprağa girmesi ve tutulması, toprağın havalanması, OM'nin parçalanması ve besin elementlerinin ayrışması ve alımı gibi toprak işlevlerinden de sorumludurlar (Brito-Vega ve ark., 2013; Usman ve ark., 2016). Bitki artıklarının, ölü köklerin ve hayvan kalıntılarının ayrışmasında rol oynarlar (SQI, 2001; Bot ve Benites,

2005; Gwenzi, 2022). Aynı zamanda bitkisel üretimin artırılması ve güvenli gıda üretiminin de önemli belirleyicileridir.

Bakteriler OM üretimi (fotosentez) ve ayrışmasıyla karbon döngüsüne katkıda bulunurlar ve dolayısıyla toprak rengini ve kalitesini iyileştirebilirler (FAO, 2005). Ayrıca faaliyetleri ile toprak kümelerinin kararlılığını ve yüzey akışı ve toprak erozyonuna karşı toprağın direncini artırır (Sadeghi ve ark., 2020). Mantarlar toprak parçacıklarını bağlamaya (kümeleşmeye), suyun toprağa girişine ve toprağın su tutma kapasitesini artırmaya yardımcı olurlar (Ritz ve ark., 2004; Syamsiyah ve ark., 2018) ve besin elementi alımını kolaylaştırır (FAO, 2001; Coleman ve ark., 2018). Toprak faunası, toprağın kütle yoğunluğunu azaltmak, gözenek alanını, havalanmasını ve drenajı artırmak, su tutma kapasitesini yükseltmek, kümeleşmeyi iyileştirmek ve bitki artıklarının ayrışmasını sağlamak suretiyle toprak yapısını iyileştirirler (Abbott, 1989; Coleman ve ark., 2018).

Toprakta kök, yumru ve diğer yeraltı organlarını oluşturan bitkilerin toprak özellikleri ve oluşumunda büyük etkileri vardır. Kökler toprak parçacıklarını bağlayarak erozyona ve istenmeyen çevresel değişikliklere karşı direnç gösterirler. Yapraklar ve diğer bitki artıkları toprağa OM katarlar (Usman ve ark., 2016). Kök çevresindeki yararlı toprak canlıları da bitkilerin büyüme ve gelişimini etkileyen biyokimyasal süreçleri kurar, hızlandırır ve asalak organizmaları ve patojenleri engellerken, mevcut besin ve büyüme maddelerinin üretiminin artmasına vesile olurlar (Brito-Vega ve ark., 2013).

Bakteri ve mantar bileşimini en çok etkileyen faktör toprak bünyesidir. Kum parçacıklarının katyon değiştirme kapasitesi ve besin maddesi içeriği düşük olduğundan, birçok mikroorganizma türü kil ve ince mil parçacıkları ile birlikte oluşur (Seaton ve ark., 2020). Toprak faunası için hayati öneme sahip olan bu koloidal kısım da erozyon sonucu en kolay taşınan bölümdür. Yağış ve bunun sonucu ortaya çıkan yüzey akışı, bakteri ve diğer organizmaların topraktaki dikey ve yatay hareketini etkileyen önemli bir faktördür (Abu-Ashour ve Lee, 2000). Yağış kaynaklı toprak erozyonu, toprak organik karbonunun ve bağlantılı bakteri topluluğunun toprak kalitesini ve işleyişini etkileyecek şekilde uzaklaşmasına sebep olur (Le ve ark., 2018).

Toprak işleme sonucu öncelikle küçük parçacıklardan oluşan üst toprak kayıpları yaşanır. Genellikle toprağın biyolojik olarak en aktif kısmı olan mikroorganizma toplulukları da toprağın üst 20-30 cm'lik bölümünde yoğunlaşmıştır (Goberna ve ark., 2006; Fierer ve ark., 2007; Wagai ve ark., 2011). Dolayısıyla tarım topraklarının işleme sonucu aşınması ve akabinde taşınması en çok bu organizmaların kaybına yol açar.

İnce bünyeli tarım topraklarında ağır makine kullanımı (Soane ve ark., 1981) ve nemli mera topraklarının zamansız otlatılması toprak sıkışması sorunu yaratır (Chan ve Barchia, 2007; Donovan ve Monaghan, 2021). Sonuçta suyun toprağa girişi, hidrolik iletkenlik ve havalanma gibi makro gözenek işlevleri azalır ve yüzey akışı, erozyon ve bitki büyümesi üzerindeki olumsuz etkiler artar (Richard ve ark., 2001; Czyz, 2004). Toprak yapısındaki değişikliklerin yanı sıra kök büyümesi ve uzama hızını, bu da bitkilerin su ve besin alımını azaltır, fidelerin çıkışını zayıflatır, bitki boyu kısalır ve potansiyel verimi düşürür (Sidhu ve Duiker, 2006; McKenzie, 2010; Nawaz ve ark., 2013; Shaheb ve ark., 2021). Toprağın sıkışması makro gözenek hacmini azaltıp, topraktaki su ve hava oranlarını etkilediği için organizmaların yaşam koşulları (toprak havasındaki O₂'nin azalıp CO₂'nin artması) olumsuz etkilenir (Brussaard ve van Faassen, 1994; Beylich ve ark., 2010; Nawaz ve ark., 2013).

Canlı Çeşitliliğinin Kaybı

Canlı çeşitliliği dünyamızın en dikkat çekici yönüdür. Ekolojik denge, dinamizm ve bozulma karşısında hızlı onarım yeteneği zengin tür çeşitliliğinin bir sonucudur. Tarımsal ekosistemlerde canlı çeşitliliği, besin üretiminin ötesinde, besinlerin geri dönüşümü, mikro iklimin ve yerel hidrolojik süreçlerin düzenlenmesi, istenmeyen organizmaların baskılanması ve zararlı kimyasalların bertaraf edilmesi dahil olmak üzere çeşitli ekolojik hizmetleri yerine getirmektedir (Altieri, 1999). Dünyadaki canlı türü sayısı konusunda birçok tahmin yapılmıştır. Bunlardan Mora ve ark. (2011), küresel olarak yaklaşık 8,7 milyon ökaryotik türün var olduğunu ve bunların yaklaşık 2,2 milyonunun denizlerde bulunduğunu kaydetmişlerdir. IPBES (2019) ise 5,9 milyon karasal türün varlığından bahsetmektedir. İnsan eylemleri büyük ölçüde bu organizmaların habitat kaybı ve bozulması ile sonuçlanmıştır. Canlı yaşam alanlarının kaybı ve bozulması, karasal türlerin yaklaşık %9'unun (500 binden fazla tür) uzun vadede hayatta kalmak için yeterli yaşam alanına sahip olamayacağı ve yaşam alanları onarılmadığı sürece çoğunun onlarca yıl içinde yok olmaya mahkûm olacağı iddia edilmektedir (IPBES, 2019).

Halen dünya kara yüzeyinin %40'ını oluşturan tarımsal üretim, yaygın arazi dönüşümü, kirlilik ve toprak bozulması nedenleriyle karasal biyolojik çeşitlilikte öngörülen kayıpların %70'inden sorumludur (IISD, 2017). Bu haliyle küresel gıda üretim sistemi biyolojik çeşitlilik kaybının birincil itici gücü olup, yalnızca tarım, nesli tükenme riski altındaki 28.000 türden 24.000'i için belirlenen tehdit durumundadır (Benton ve ark., 2021). Son 50 yılda tarımda yoğun girdi kullanımı, birçok yabancı bitki ve hayvan türünün bölgesel veya ulusal düzeyde yok olmasına sebep olmuş ve tarımsal ekosistemlerin işleyişini derinden değiştirmiştir (Geiger ve ark., 2010).

Tarımın biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkileri, boyuta ve yoğunluğuna bağlıdır. Modern tarımın gelişimi birlikte dünyada birçok geleneksel bitki çeşidinin yerini az sayıda yüksek verimli çeşit almıştır. Bu kontrollü bitki ıslahının ve kitlesel ölçekte benimsenen yoğun kültürel uygulamaların başarısının bir sonucu olmuş ve tek ürünlü tarım gelişmiştir (Shannan ve Grant, 2007). Bu süreç 1950'lerde FAO, Dünya Bankası ve diğer birçok uluslararası kuruluşun dünyanın gıda kıtlığıyla karşı karşıya olduğunu ve küresel gıda arzını artırmak için derhal büyük ölçekli bir programın başlatılması gerektiğine dikkat çekmesi ile başlamış ve yaklaşık 1960'lar ve izleyen yıllarda "Yeşil Devrim" olarak adlandırılan bir döneme girilmiştir. Bu süreçte verimi artırmak için yüksek verimli çeşitler bulunmuş ve en yüksek verim gücüne ulaşmak için de yüksek gübre ve su girdisi, tek ürünlü yetiştiricilik ve modern tarım makineleri gerektirmiş ve geliştirilmiştir (Bowring, 2003).

Tek ürün yetiştiriciliğinin sonucu olarak tür çeşitliliğinin azalması ve verimli çeşitlerin geliştirilmesi, kültür bitkilerini hastalık ve zararlılara karşı daha savunmasız hale getirmiş ve iklimdeki ve tarımsal uygulamalardaki değişimlere tepki verme yeteneklerini azaltmış (Asafu-Adjaye, 2003) ve tarımda sürdürülebilirliği zorlaştırmıştır (Pretty, 2008; Cavender-Bares ve ark., 2013; Gliessman, 2015). Bu sebeple biyolojik çeşitliliğin kaybı, insanlığın gelecekte hayatta kalmasına yönelik bir tehdit olarak kabul edilmektedir (Chivian, 2001). Ürün çeşitliliğinin kaybı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde hâlihazırda açlık, beslenme bozuklukları ve A vitamini ve Fe eksikliklerine yol açmıştır (Shannan ve Grant, 2007).

Özellikle değişik bitkiler veya çiftlik hayvanları için farklı tarlaların ekildiği daha küçük alanlara sahip çiftlikler genellikle daha yüksek biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Organik tarım gibi birçok alternatif tarım sistemi, dönüşümlü ve karışık (bitki ve hayvan) üretime dayalı olarak doğası gereği daha çeşitlidir. Farklı çiftlik türleri ve yetiştirme sistemlerine bakıldığında, genellikle verim ile biyolojik çeşitlilik arasında ters bir ilişki vardır. Daha fazla verim tipik olarak daha yoğun girdi kullanımından kaynaklanır. Artan yetiştirme yoğunluğu, makine ve girdi kullanımı ve uzmanlaşmanın da artmasını gerektirmektedir (Benton ve ark., 2021). Yoğun mekanizasyon ve girdi kullanımı sonucunda da ürün çeşitliliği azalmış, çevre sorunları artmış ve gıda güvenliği zayıflamıştır (Shannan ve Grant, 2007; Altieri, 2009).

Tarım İlaçlarının Etkileri

Tarım ilaçları (pestisitler), ürünlere saldıran ve hasar veren zararlıları ve hastalık amillerini öldürmek için kullanılan kimyasal maddeler veya biyolojik ajan karışımıdır. Zararlılar genel olarak beslenmemizi, sağlığımızı ve/veya konforumuzu tehlikeye atan bitki ya da hayvanlardır. Tarım ilaçları da bu zararlıları cezbederek ve ardından yok ederek veya zayıflatarak görev yaparlar (Mahmood ve ark., 2016). Çok uzun yıllardır bitkileri korumak için farklı tarım ilaçları kullanılmıştır. Pestisitler kültür bitkilerine önemli faydalar sağlar ve entegre zararlı yönetimi programlarında doğru kullanıldıklarında büyük etkilere sahip temel araçlardır (Talebi ve ark., 2011). Bu sebeple modern tarımda yaygın olarak kullanılırlar. Ürünün kalitesi ve miktarını artırmanın etkili ve ekonomik yolu olan tarım ilaçları (Sharma ve ark., 2019), üretime büyük destek olur, ürün kayıplarını azaltır ve dolaylı olarak insanların refah düzeyini yükseltirler (Tiryaki ve Temur, 2010). Tarım ürünleri üretiminin yaklaşık 1/3'ü tarım ilaçlarının uygulanmasına bağlıdır (Tudi ve ark., 2021). Bir tahmine göre, herbisit kullanımı nedeniyle ekmeklik buğday verimi yaklaşık %10-20 artmıştır. Zira dünyada tarımsal üretimin %40-45'i bitki hastalıkları, zararlılar ve yabancı otlar sebebiyle kaybolmaktadır (Mahmood ve ark., 2016; Sharma ve ark., 2019). Kullanılmadığı takdirde meyve, sebze ve tahıl üretiminde %78, %54 ve %32 kayıp yaşanabileceği düşünülmektedir (Cai, 2008). Bu sebeple tarım ilaçları dünyada hastalık, zararlı ve yabancı otların azaltılması ve verimin artırılmasında kritik rol oynarlar.

Dünyada 2021 yılı itibarıyla toplam pestisit kullanımı 3,53 tona ulaşmış ve 1990'dan 2021 yılına kadar kullanımı %96 artmıştır (Statista, 2022). Bu tarım ilaçlarının yalnızca %1'i hedef bitkilerdeki zararlı böcekleri kontrol etmek için etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Bernardes ve ark., 2015). Kalan büyük miktardaki ilaç hedef

olmayan bitkilere ve çevreye nüfuz eder veya ulaşır. Sonuçta tarım ilaçlarının tarımsal üretime önemli katkılarının yanı sıra insan ve çevre üzerinde ciddi olumsuz etkileri ortaya çıkar (van der Werf, 1996; Mahmood ve ark., 2016). Pestisitler çevre kalitesini ve tür çeşitliliğini azaltarak, gıda zincirini, enerji akışını ve besin döngüsü modellerini değiştirerek, toprak, su ve hava kalitesini düşürerek ve ekosistemlerin kararlılığı ve dayanıklılığını değiştirerek temel ekosistem işlevini etkileyebilirler (Pimentel ve Edwards, 1982). Birçok kuş, suda yaşayan organizma ve hayvan zararlı pestisitlerin tehdidi altındadır. İnsanlar ve hayvanlarda yarattığı zehirlenme her zaman endişe kaynağı olmuştur (Kumar ve Kumar, 2019). Bu nedenle genel olarak tarım ilaçlarının sürdürülebilir bir çevre ve küresel istikrar için bir endişe kaynağı olduğu düşünülmektedir (Mahmood ve ark., 2016).

Tarım ilaçları uygulanan miktara, sıklığa, uygulama zamanına ve yöntemine, hava durumuna, bitki örtüsünün yapısına ve toprak tipine bağlı olarak uygulandıkları tarım alanlarından çok geniş bir çevreye dağılırlar ve hedef olmayan organizmalara ulaşabilirler (Isenring, 2010). Bitkiye ve toprağa atılan tarım ilaçları, toprakta tutulma, kimyasal bozulma, mikroorganizmalarla parçalanma, bitki kökleri ile alım, yüzey akışı, yıkanma ve buharlaşma sonucunda uygulama alanından uzaklaşırlar (Khan, 1980; Hayo ve Werf, 1996; van der Werf, 1996). Özellikle yüzey akışı ve erozyon, yıkanma ve drenaj tarım ilaçları ile su kütlelerinin kirlenmesinin ana yollarıdır (Vymazal ve Březinová, 2015). Bu kimyasallar buharlaşma ile atmosfere girdikten sonra çok uzun mesafelere taşınabilirler. Pestisit kullanımının önemli sonuçları içerisinde hedef olmayan organizmalar üzerindeki yan etkileri, dirençli popülasyonların ve ilaç kalıntılarının ortaya çıkması ve bunların beslenme ağına girmesi de yer almaktadır (Talebi ve ark., 2011).

Tarım ilaçlarının aşırı kullanımı biyolojik çeşitliliğin yok olmasına neden olabilir. Tarım ilacı kullanımı son 60 yılda önemli ölçüde artmış ve bunun sonucunda tarım alanlarında yaşayan birçok türün popülasyonunda belirgin bir azalma olmuştur (Boatman ve ark., 2007). Özellikle böcek ve mantar öldürücülerin kullanımı biyolojik çeşitliliği olumsuz etkilemiş ve biyolojik kontrol potansiyelini azaltmıştır (Geiger ve ark., 2010).

Tarımda sürdürülebilirliğin en önemli unsuru, çiftlik sistemi içerisinde hayvancılığa da yer verilmesidir. Bu da yem bitkileri ekimini gerektirir. Üretim sistemi içerisinde çok yıllık yem bitkilerinin yer bulması, biyolojik çeşitliliğin korunması ile birlikte, toprak kalitesinin de muhafazası gibi önemli işlevleri olacaktır.

Sonuç

Bitkileri toplayarak ve hayvanları avlayarak yaşamlarını sürdüren insanlar, yaklaşık 12 bin yıl öncesinden başlayarak bugüne kadar halen yetiştirdikleri bitkileri kültüre aldılar ve sonrasında hayvanları evcilleştirdiler. İnsanların gıda, lif, yem vb. ihtiyaçlarını karşıladıkları tarımsal üretim ile nüfusun artışı eşzamanlı olarak gerçekleşmiştir. Son 50 yılda tarımsal üretim hızla artan insan nüfusunu aç bırakmamıştır. Özellikle bitkisel üretim artışı yoğun toprak işleme ve kimyasal (gübre, ilaç) kullanımı ile başarılmıştır. Ancak bu durum toprak kaybını hızlandırmış, sulama kaynaklı sorunları (tuzlulaşma, su basması) teşvik etmiş, toprakta OM ve besin kayıplarına sebep olmuş, toprak canlılarını ve faaliyetini azaltmış, canlı çeşitliliğinin kaybına vesile olmuş ve su kaynaklarının kirlenmesi gibi diğer çevre sorunlarına yol açmıştır. Gıda güvensizliği de yaratan bu durum hem tüketiciler hem de üreticilerin dikkatini fazlasıyla çekmiştir. Bilim insanları da çalışmalarını bu konulara odaklamıştır. Tarımsal üretimi düşürmeden düşük girdili, tür çeşitliliği yüksek sürdürülebilir sistemler geliştirilmiş ve belirli ölçüde uygulamaya konulmuştur. Birçok hükümet de bu çalışmalara ve üreticilere desteklerini sunmuştur. Tarımda sürdürülebilirliğin tesisi bakımından çok yıllık bitki (yem bitkisi) yetiştiriciliği önemli bir adım olarak görülmekte ve önerilmektedir.

Ek Bilgiler ve Beyanlar

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Telif Hakkı: 2024 Gökkuş



Bu çalışma Creative Commons CC-BY 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır.

Kaynaklar

- Abbott, I. 1989. The influence of fauna on soil structure. In; J.D. Majer (Ed.) *Animals in Primary Succession: The Role of Fauna in Reclaimed Lands* (pp. 39-50), Cambridge University Press.
- Abu-Ashour, J., Lee, H. 2000. Transport of bacteria on sloping soil surfaces by runoff. *Environmental Toxicology*, 15(2):149-153.
- Ağralioğlu, S., Ağralioğlu, N. 2020. Türkiye’de enerji ve politikaları. *Takvim-i Vekayi*, 8(2): 166-198.
- Aksakal, E.L. 2011. Toprak yüzey malçının yüzey akış ve toprak kayıpları üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2): 139-144.
- Alewell, C., Ringeval, B., Ballabio, C., Robinson, D.A., Panagos, P., Borrelli, P. 2020. Global phosphorus shortage will be aggravated by soil erosion. *Nature Communications*, 11, 4546.
- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19-31.
- Altieri, M.A. 2009. The ecological impacts of large-scale agrofuel monoculture production systems in the Americas. *Bulletin of Science, Technology & Society*, doi: 10.1177/027046760933372
- Andiç, C. 1993. Tarımsal Ekoloji. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Ders Notları No: 106, Erzurum, 300s.
- Anonim. 2024. Study of Soil. <https://wazaelimu.com/topic-2-study-of-soil-geography-form-six/> (Retrieved Jan. 24, 2024).
- Asafu-Adjaye, J. 2003. Biodiversity loss and economic growth: A cross-country analysis. *Contemporary Economic Policy*, 21(2): 173-185.
- Aydemir, O., İnce, F. 1988. Bitki Besleme. Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi. Yayın No: 2, Diyarbakır, 653s.
- Balasubramanian, A. 2017. Soil Forming Processes. University of Mysore, Technical Report No: 1, 10p.
- Bashagaluke, J.B., Logah, V., Opoku, A., Sarkodie-Addo, J., Quansah, C. 2018. Soil nutrient loss through erosion: Impact of different cropping systems and soil amendments in Ghana. *PLoS ONE* 13(12), e0208250.
- Bayram, M., Günal, H., Özgöz, E. 2015. Sürdürülebilir toprak işleme yöntemlerinin belirlenmesinde toprak kalitesinin önemi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3): 337-346.
- Benton, T.G., Bieg, C., Harwatt, H., Pudasaini, R., Wellesley, L. 2021. Food system impacts on biodiversity loss-three levers for food system transformation in support of nature. Chatham House, Research Paper, 71p.
- Bernardes, M.F.F., Pazin, M., Pereira, L.C., Dorta, D.J. 2015. Impact of pesticides on environmental and human health. In; A.C. Andreazza & C. Scola (Eds.), *Toxicology Studies-Cells, Drugs and Environment* (pp. 195-233). IntechOpen.
- Beylich, A., Oberholzer, H.R., Schrader, S., Höper, H., Wilke, B.M. 2010. Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. *Soil & Tillage Research*, 109, 133-143.
- Boatman, N.D., Parry, H.R., Bishop, J.D., Cuthbertson, A.G.S. 2007. Impacts of agricultural change on farmland biodiversity in the UK. In; R.E. Hester & R.M. Harrison (Eds.), *Biodiversity under Threat* (pp. 1-32). RSC Publishing, Cambridge, UK.
- Bot, A., Benites, J. 2005. The importance of soil organic matter-key to drought-resistant soil and sustained food production. *FAO Soils Bulletin* 80, 78p.
- Bowring, F. 2003. Manufacturing scarcity: Food biotechnology and the life sciences industry. *Capital & Class*, 79, 107-146.
- Brindle, F.A. 2003. Use of native vegetation and bio stimulants for controlling soil erosion on steep terrain. *Journal of the Transportation Research Board*, 1819(1): 203-209.
- Brito-Vega, H., Espinosa-Victoria, D., Salaya-Domínguez, J.M., Gómez-Méndez, E. 2013. The soil biota: Importance in agroforestry and agricultural systems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(3): 445-453.
- Brussaard, L., van Faassen, H.G. 1994. Effects of compaction on soil biota and soil biological processes. In; B.D. Soane & C. van Ouwerkerk (Eds.), *Soil Compaction in Crop Production* (pp. 215-235). Elsevier.
- Cai, D.W. 2008. Understand the role of chemical pesticides and prevent misuses of pesticides. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 1, 36-38.
- Cavender-Bares, J., Heffernan, J., King, E., Polasky, S., Balvanera, P., Clark, W.C. 2013. Sustainability and Biodiversity. In; *Encyclopedia of Biodiversity* (2nd Ed.) (pp.71-84). Elsevier Inc.
- Chan, K.Y., Barchia, I. 2007. Soil compaction controls the abundance, biomass and distribution of earthworms in a single dairy farm in south-eastern Australia. *Soil and Tillage Research*, 94, 75-82.

- Chivian, E. 2001. Environment and health: 7. Species loss and ecosystem disruption – the implications for human health. *Canadian Medical Association Journal*, 164(1): 66-69.
- Coleman, D.C., Callahan, M.A., Crossley, D.A. 2018. *Fundamentals of Soil Ecology*. Academic Press, 369p.
- Condon, L., Stark, C., O’Callaghan, M., Clinton, P., Huang, Z. 2010. The role of microbial communities in the formation and decomposition of soil organic matter. In; G.R. Dixon & E.L. Tilston (Eds.), *Soil Microbiology and Sustainable Crop Production* (pp. 81-118). Springer.
- Crews, T.E. 2005. Perennial crops and endogenous nutrient supplies. *Renewable Agriculture & Food Systems*, 20(1): 25-37.
- Crews, T.E., Carton, W., Olsson, L. 2018. Is the future of agriculture perennial? Imperatives and opportunities to reinvent agriculture by shifting from annual monocultures to perennial polycultures. *Global Sustainability*, 1(11): 1-18. doi.org/10.1017/sus.2018.11
- Culman, S.W., Young-Mathews, A., Hollander, A.D., Ferris, H., Sánchez-Moreno, S., O’Geen, A.T., Jackson, L.E. 2010. Biodiversity is associated with indicators of soil ecosystem functions over a landscape gradient of agricultural intensification. *Landscape Ecology*, 25, 1333-1348.
- Czyz, E.A. 2004. Effects of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. *Soil and Tillage Research*, 79(2): 153-166.
- Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü. 2012. *Organik Tarım (Üçüncü Baskı)*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 236, AÜZF Ofset Tesisi, Erzurum, 369s.
- ÇEM. 2021. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Faaliyetleri. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, 84s.
- Deck, J.H. 2010. *Hydraulic Conductivity, Infiltration, and Runoff from No-Till and Tilled Cropland* (Master Thesis). University of Nebraska-Lincoln, Environmental Engineering Program, 140p.
- Delgado, A., Gomez, J.A. 2016. The Soil. Physical, chemical and biological properties. In; F.J. Villalobos & E. Fereres (Eds.), *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture* (pp. 15-26). Springer.
- Demir, S., Oğuz, İ., Ciba, Ö.F., Özer, E. 2017. Farklı arazi kullanımı altında meydana gelen toprak ve yüzey akış kayıplarının Wepp Hillslope modeli kullanılarak tahmin edilmesi. *Gaziosmanpaşa Üni. Ziraat Fak. Derg.*, 34(Ek Sayı): 99-106.
- Dixon, J., Garrity, D. 2013. Perennial crops and trees: Targeting the opportunities within a farming systems context. *Perennial Crops for Food Security, Proceedings of the FAO Expert Workshop, 28-30 August, 2013, Rome, Italy*, 307-323.
- Donovan, M., Monaghan, R. 2021. Impacts of grazing on ground cover, soil physical properties and soil loss via surface erosion: A novel geospatial modelling approach. *J. Environmental Manage.*, 287, 112206.
- Duran Zuazo, V.H., Rodriguez Pleguezuelo, C.R. 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(1): 65-86.
- Egli, M., Lessovaia, S.N., Chistyakov, K., Inozemzev, S., Polekhovsky, Y., Ganyushkin, D. 2015. Microclimate affects soil chemical and mineralogical properties of cold alpine soils of the Altai Mountains (Russia). *Journal of Soils and Sediments*, 15(6): 1420-1436.
- Ergene, A. 1993. *Toprak Biliminin Esasları (5. Baskı)*. Atatürk Üniversitesi Yayın No: 586, Ziraat Fakültesi Yayın No: 267, Ders Kitapları Serisi No: 42, Erzurum, 560s.
- Erpul, G., İnce, K., Demirhan, A., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ., Sarıhan, B., Çetin, E., Şahin, S. 2020. Su Erozyonu İl İstatistikleri. Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, 281s.
- Euronews. 2023. <https://tr.euronews.com/2023/02/05/enerjide-fosil-yakitlara-bagimlilik>. (Erişim tarihi: 16.05.2023)
- Falkenmark, M., Rockström, J. 2008. Building resilience to drought in desertification-prone savannas in Sub-Saharan Africa: The water perspective. *Natural Resources Forum*, 32, 93-102.
- FAO. 2001. *Conservation Agriculture-Case Studies in Latin America and Africa*. Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 69p.
- FAO. 2002. *Crops and Drops: Making the Best Use of Water for Agriculture*. Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 22p.
- FAO. 2005. *The Importance of Soil Organic Matter: Key to Drought-Resistant Soil and Sustained Food Production*. FAO Soils Bulletin No. 80. Food and Agricultural Organization of the United Nation, Rome, pp.11-47.
- FAO. 2008. *Biodiversity and Agriculture: Safeguarding Biodiversity and Securing Food for the World*. Convention on Biological Diversity, Montreal, 56p.

- Fierer, N., Bradford, M.A., Jackson, R.B. 2007. Toward an ecological classification of soil bacteria. *Ecology*, 88(6): 1354-1364.
- Fox, D.M., Bryan, R.B., Price, A.G. 1997. The influence of slope angle on final infiltration rate for interrill conditions. *Geoderma*, 80(1-2): 181-194.
- Gao, J., Bai, Y., Cui, H., Zhang, Y. 2020. The effect of different crops and slopes on runoff and soil erosion. *Water Practice and Technology*, 15(3): 773-780.
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., Emmerson, M., Morales, M.B., Ceryngier, P., Liira, J., Tschantke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L.W., Dennis, C., Palmer, C., Onate, J.J., Guerrero, I., Hawro, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hänke, S., Fischer, C., Goedhart, P.W., Inchausti, P. 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11, 97-105.
- Geren, H., Yönter, G. 2007. Bazı serin iklim çim buğdaygillerinin laboratuvar koşullarında su erozyonuna etkisi üzerinde araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2): 1-15.
- Gleick, P.H. 2002. Soft water paths. *Nature*, 418, 373.
- Gliessman, S.R. 2015. *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems* (3rd Ed.). CRC Press, 364p.
- Goberna, M., Sánchez, J., Pascual, J., García, C. 2006. Surface and subsurface organic carbon, microbial biomass and activity in a forest soil sequence. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(8): 2233-2243.
- Gosling, P., Parsons, N., Bending, G.D. 2013. What are the primary factors controlling the light fraction and particulate soil organic matter content of agricultural soils? *Biology and Fertility of Soils*, 49, 1001-1014.
- Gökkuş, A. 2024. Tarım kaynaklı sorunlar ve sürdürülebilir bir tarım için çok yıllık yem bitkilerinin önemi: II. Yem bitkilerinin önemi. (yayınlanacak).
- Gwenzi, W. 2022. *Emerging Contaminants in the Terrestrial-Aquatic-Atmosphere Continuum: Occurrence, Health Risks, and Mitigation*. Elsevier Inc., 408p.
- Haghnazari, F., Shahgholi, H., Feizi, M. 2015. Factors affecting the infiltration of agricultural soils: Review. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(5): 21-35.
- Haktanır, K., Cangir, C., Arcak, Ç., Arcak, S. 2010. Toprak Kaynakları ve Kullanımı. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, 1-21 Ocak 2010, Ankara, 1. Cilt, s. 203-229.
- Harris, D.R. 2005. Origins and spread of agriculture. In; G. Prance & M. Nessbit (Eds.), *The Cultural History of Plants* (pp. 13-26). Routledge, New York, London.
- Hayo, M.G., Werf, V.D. 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 60(2-3): 81-96.
- Hendrix, P.F., Crossley, D.A., Blair, J.M., Coleman, D.C. 1990. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In; C.A. Edwards (Ed.), *Sustainable Agricultural Systems* (pp. 637-654). CRC Press.
- Hooke, R.L. 2000. On the history of human as geomorphic agents. *Geology*, 28(9): 843-846.
- Huang, J., Kang, Q., Yang, J.X., Jin, P.W. 2017. Multifactor analysis and simulation of the surface runoff and soil infiltration at different slope gradients. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 82, 012019.
- Huang, J., Zhao, X.N., Wu, P.T. 2013. Surface runoff volumes from vegetated slopes during simulated rainfall events. *Journal of Soil and Water Conservation*, 68(4): 283-295.
- Huffman, R.L., Fangmeier, D.D., Elliot, W.J., Workman, S.R. 2013. *Soil and Water Conservation Engineering* (Seventh Ed.). Soil and Water Conservation Engineering, the American Society of Agricultural and Biological Engineers, 514p.
- Hurni, H. 1983. Soil erosion and soil formation in agricultural ecosystems: Ethiopia and Northern Thailand. *Mountain Research and Development*, 3(2): 131-142.
- IISD (International Institute for Sustainable Development). 2017. *The Standards and Biodiversity Report*. <https://www.iisd.org/articles/press-release/farm-practices-must-change-protect-endangered-species-and-habitats>. (Retrieved April 16, 2023)
- IPBES. 2019. *The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 61p.
- Isenring, R. 2010. *Pesticides and the Loss of Biodiversity*. Pesticide Action Network Europe, London, 25p.
- Janeau, J.L., Bricquet, J.P., Planchon, O., Valentin, C. 2003. Soil crusting and infiltration on steep slopes in northern Thailand. *European Journal of Soil Sciences*, 54(3): 543-554.

- Johnson, A.E. 1991. Soil fertility and organic matter. In; W.S. Wilson, T.R.G. Gray, D.J. Greenslade, R.M. Harrison & M.H.B. Hayes (Eds.), *Advances in Soil Organic Matter Research: The Impact on Agriculture and the Environment* (pp. 299-314). Woodhead Publishing.
- Johnston, A.E., Poulton, P.R., Coleman, K. 2009. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in Agronomy*, 101, 1-57.
- Kapçak, S., Çetin, M., Can, A. 2023. Türkiye ekonomisinde tarımsal enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisi: Bir saklı eş bütünlüşme analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 605-619.
- Kaspar, T.C., Kladviko, E.J., Singer, J.W., Morse, S., Mutch, D. 2008. Potential and limitations of cover crops, living mulches, and perennials to reduce nutrient losses to water sources from agricultural fields in the upper Mississippi basin. In; *Final Report: Gulf Hypoxia and Local Water Quality Concerns Workshop*, St. Joseph, Michigan, ASABE, pp.129-148.
- Khan, S.U. 1980. *Pesticides in the Soil Environment*. Elsevier Scientific Publishing, 240p.
- Khoshbakht, K., Hammer, K. 2008. How many plant species are cultivated? *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(7): 925-928.
- Kononova, M.M. 1966. *Soil Organic Matter-Its Nature, Its Role in Soil Formation and in Soil Fertility* (2nd. Ed.), Pergamon Press, 544p.
- Kort, J., Collins, M., Ditsch, D. 1998. A review of soil erosion potential associated with biomass crops. *Biomass and Bioenergy*, 14(4): 351-359.
- Kosmas, C., Danalatos, N., Cammeraat, L.H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R., Gutierrez, L., Jacob, A., Marques, H., Martinez-Fernandez, J., Mizara, A., Moustakas, N., Nicolau, J.M., Oliveros, C., Pinna, G., Puddu, R., Puigdefabregas, J., Roxo, M., Simao, A., Stamou, G., Tomasi, N., Usai, D., Vacca, A. 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29, 45-59.
- Kumar, V., Kumar, P. 2019. Pesticides in agriculture and environment: Impacts on human health. In; V. Kumar, R. Kumar, J. Singh & P. Kumar (Eds.), *Contaminants in Agriculture and Environment: Health Risks and Remediation* (pp. 76-95). Agro Environ Media, India.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677): 1623-1627.
- Le, H.T., Rochelle-Newall, E., Ribolzi, O., Janeau, J.L., Huon, S., Latschack, K., Pommier, T. 2018. Land use strongly influences soil organic carbon and bacterial community export in runoff in tropical uplands. *Land Degradation and Development*, 31(1): 118-132.
- Llorens, P., Domingo, F. 2007. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions: A Review, *European Journal of Hydrology*, 335(1-2): 37-54.
- Mahmood, I., Imadi, S.R., Shazadi, K., Gul, A., Hakeem, K.R. 2016. Effects of pesticides on environment. In; K.R. Hakeem, M.S. Akhtar & S.N.A. Abdullah (Eds.), *Plant, Soil and Microbes. Volume 1: Implications in Crop Science* (pp. 253-269). Springer.
- Mazoyer, M., Roudart, L. 2006. *A History of World Agriculture: from the Neolithic Age to Current Crisis*. Earthscan Sterling, VA, 525p.
- McKenzie, R.H. 2010. *Agricultural Soil Compaction: Causes and Management*. Alberta Agriculture and Rural Development, Agri-Facts, Agdex 510-1, 10p.
- MEA. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. A Report of the Millennium Ecosystem Assessment (MEA)*, Island Press, Washington, DC., 137p.
- Metz, B., Davidson, O., de Coninck, H., Loos, M., Meyer, L. 2005. *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*. Cambridge Univ. Press, 431p.
- Molla, A., Skoufogianni, E., Lolas, A., Skordas, K. 2022. The impact of different cultivation practices on surface runoff, soil and nutrient losses in a rotational system of legume-cereal and sunflower. *Plants*, 11(24): 3513, doi.org/10.3390/plants11243513.
- Montgomery, D.R. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. *PNAS*, 104(33): 13268-13272.
- Moore, K.J., Anex, R.P., Elobeid, A.E., Fei, S., Flora, C.B., Goggi, A.S., Jacobs, K.L., Jha, P., Kaleita, A.L., Karlen, D.L., Laird, D.A., Lenssen, A.W., Lübberstedt, T., McDaniel, M.D., Raman, D.R., Weyers, S.L. 2019. Regenerating agricultural landscapes with perennial groundcover for intensive crop production. *Agronomy*, 9(8): 458, doi.org/10.3390/agronomy9080458.
- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B., Worm, B. 2011. How many species are there on earth and in the ocean? *PLoS Biol.*, 9(8), e1001127. doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127

- Morrow, S., Smolen, M., Stiegler, J., Cole, J. 2017. Using Vegetation for Erosion Control on Construction Sites. Oklahoma State University, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Coop. Ext. Serv., BAE-1514, 4p.
- Mutlu, Y.E., Soykan, A., Fıçıcı, M. 2021. Kille Çayı Havzası'nda (Balıkesir) erozyon risk analizi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 6, 98-111.
- Nawaz, M.F., Bourrié, G., Trolard, F. 2013. Soil compaction impact and modeling-A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2): 291-309.
- Oweis, T., Hachum, A. 2009. Supplemental irrigation for improved rainfed agriculture in WANA Region. In; S.P. Wani, J. Rockström & T. Oweis (Eds.), *Rainfed Agriculture: Unlocking the Potential* (pp.182-196). CAB International.
- Parsons, A.J., Brazier, R.E., Wainwright, J., Powell, D.M. 2006. Scale relationships in hillslope runoff and erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(11): 1384-1393.
- Pimentel, D., Edwards, C.A. 1982. Pesticides and ecosystems. *BioScience*, 32(7): 595-600.
- Pimentel, D., Pimentel, M.H. 2008. *Food, Energy, and Society* (3rd. Ed.). CRC Press, 380p.
- Pimentel, D., Houser, J., Preiss, E., White, O., Fang, H., Mesnick, L., Barsky, T., Tariche, S., Schreck, J., Alpert, S. 1997. Water resources: Agriculture, the environment, and society-An assessment of the status of water resources. *BioScience*, 47(2): 97-106.
- Polat, H. 2020. Farklı toprak işleme sistemlerinin sürdürülebilir organik madde yönetimine etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 16(1): 1-11.
- Pretty, J. 2008. *Sustainable Agriculture and Food. Vol. I: History of Agriculture and Food*. Earthscan, USA.
- Rahardjo, A.P., Duhita, A.D.P., Hairani, A. 2021. The effect of slope on the infiltration capacity and erosion of Mount Merapi slope materials. *Journal of Civil Engineering Forum*, 7(1): 71-84.
- Richard, G., Cousin, I., Sillon, J.F., Bruand, A., Gue'rif, J. 2001. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties. *European Journal of Soil Science*, 52: 49-58.
- Ritchie, H., Rosado, P., Roser, M. 2022. Environmental impacts of food production. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>. (Retrieved April 16, 2023).
- Ritz, K., McHugh, M., Harris, J. 2004. Biological diversity and function in soils: contemporary perspectives and implications in relation to the formulation of effective indicators. In; R. Francaviglial (Ed.), *Agricultural Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analyses* (pp. 563-572). OECD: Paris.
- Rockström, J. 2003. Water for food and nature in drought-prone tropics: Vapor shift in rain-fed agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 358, 1997-2009.
- Sadeghi, S.H., Satri, M.S., Kheirfam, H., Darki, B.Z. 2020. Runoff and soil loss from small plots of erosion-prone marl soil inoculated with bacteria and cyanobacteria under real conditions. *European Journal of Soil Biology*, 101, 103214.
- Schmidt, M.W.I., Torn, M.S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I.A., Kleber, M., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D.A.C., Nannipieri, P., Rasse, D.P., Weiner, S., Trumbore, S.E. 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478, 49-56.
- Seaton, F.M., George, P.B.L., Lebron, I., Jones, D.L., Creer, S., Robinson, D.A. 2020. Soil textural heterogeneity impacts bacterial but not fungal diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 144, 107766.
- Sena, A. 2019. Land under Pressure-Health under Stress. *Global Land Outlook Working Paper*, UN Convention to Combat Desertification, 76p.
- Shaheb, M.R., Venkatesh, R., Shearer, S.A. 2021. A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production. *Journal of Biosystems Engineering*, 46: 417-439.
- Shannan, M., Grant, R.D. 2007. The importance of biodiversity in crop sustainability: A look at monoculture. *Journal of Hunger and Environmental Nutrition*, 1(2): 101-109.
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Preet, G., Sidhu, S., Handa, N., Kohli, S.K., Yadav, P., Bali, A.S., Parihar, R.D., Dar, O.I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., Thukral, A.K. 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1, 1446.
- Sidhu, D., Duiker, S.W. 2006. Soil compaction in conservation tillage: Crop impacts. *Agronomy Journal*, 98(5): 1257-1264.
- Sindelar, M. 2015. *Soils and Climate*. SSSA, 2015 International Year of Soils, 2p (soils.org/IYS).
- Singh, S., Mishra, A.K., Singh, J.B., Rai, S.K., Baig, M.J., Biradar, N., Kumar, A., Verma, O.P.S., 2014. Water requirement estimates of feed and fodder production for Indian livestock vis a vis livestock water productivity. *Indian Journal of Animal Sciences*, 84(10): 1090-1094.

- Sleutel, S., De Neve, S., Singier, B., Hofman, G. 2006. Organic C levels in intensively managed arable soils – long-term regional trends and characterization of fractions. *Soil Use Management*, 22(2): 188-196.
- Soane, B.D., Blackwell, P.S., Dickson, J.W., Painter, D.J. 1981. Compaction by agricultural vehicles: A review I. soil and wheel characteristics. *Soil and Tillage Research*, 1: 207-237.
- SQI. 2001. Rangeland Soil Quality – Soil Biota. USDA, Natural Resources Conservation Serv., Soil Quality Information Sheet, Rangeland Sheet 8, 2p.
- Statista. 2022. <https://www.statista.com/statistics/1263069/global-pesticide-use-by-country>. (Retrieved February 01, .2024).
- Syamsiyah, J., Herawati, A., Mujiyo. 2018. The potential of arbuscular mycorrhizal fungi application on aggregate stability in alfisol soil. *Earth and Environmental Sciences*, 142, 012045.
- Şahin, M.Ş., Karhan, G. 2021. Sektörel Düzeyde Enerji Tüketimi ve Büyüme. IKSAD Publishing House, Ankara, 145s.
- Şensoy, H., Palta, Ş. 2009. Yamaç şekillerinin toprak erozyonuna etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15): 95-98.
- Şimşek, G. 1993. Toprak Oluşumu (Pedogenesis) ve Sınıflama Ders Notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notu Yayın No: 139, Erzurum, 199s.
- Talebi, K., Hosseinaveh, V., Ghadamyari, M. 2011. Ecological impacts of pesticides in agricultural ecosystem. In; M. Stoytcheva (Ed.), *Pesticides in the Modern World - Risks and Benefits* (pp. 143-168). In Tech Open.
- Tiryaki, O., Temur, C. 2010. The fate of pesticide in the environment. *Journal of Biology and Environ. Sci.*, 4(10): 29-38.
- Tosun, F., Altın, M., Akten, Ş., Akkaya, A., Serin, Y., Çelik, N. 1987. Erzurum kıraç şartlarında bazı ekim nöbeti sistemlerinin buğday verimine etkileri üzerinde bir araştırma. *Türkiye Tahıl Sempozyumu*, 6-9 Ekim 1987, Görükle, Bursa, s. 123-135.
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., Phung, D.T. 2021. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 1112.
- TÜİK. 2022a. Sera gazı emisyon istatistikleri, 1990-2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- TÜİK. 2022b. Tarım istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- UNDESA. 2023. <https://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml> (Retrieved November 22, 2023).
- UNEP. 2023. Facts about the Nature Crisis. United Nations Environment Programme (UNEP). <https://www.unep.org/facts-about-nature-crisis?gclid>. (Retrieved April 16, 2023).
- Usman, S., Muhammad, Y., Chiroman, A.M. 2016. Roles of soil biota and biodiversity in soil environment-A concise communication. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5(4): 255-265.
- van der Werf, H.M.G. 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 60: 81-96.
- Vymazal, J., Březinová, T. 2015. The use of constructed wetlands for removal of pesticides from agricultural runoff and drainage: A review. *Environment International*, 75: 11-20.
- Wagai, R., Kitayama, K., Satomura, T., Fujinuma, R., Balsler, T. 2011. Interactive influences of climate and parent material on soil microbial community structure in Bornean tropical forest ecosystems. *Ecological Res.*, 26: 627-636.
- Wallace, J.S. 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82(1-3): 105-119.
- Wardle, D.A. 2002. *Communities and Ecosystems – Linking the Aboveground and Belowground Components*. Princeton Univ. Press, 392p.
- Wu, Y., Jia, G., Yu, X., Rao, H., Peng, X., Wang, Y. 2023. Response of soil nutrients and erodibility to slope aspect in the northern agro-pastoral ecotone, China. *EGUsphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1006>.
- Zhang, Y., Li, Y., Jiang, L., Tian, C., Li, J., Xiao, Z. 2011. Potential of perennial crop on environmental sustainability of agriculture. *Procedia Environmental Sciences*, 10: 1141-1147.
- Zhang, Z., Sheng, L., Yang, J., Chen, X., Kong, L., Wagan, B. 2015. Effects of land use and slope gradient on soil erosion in a red soil hilly watershed of Southern China. *Sustainability*, 7: 14309-14325; doi: 10.3390/su71014309.
- Zhu, T.X., Zhu, A.X. 2014. Assessment of soil erosion and conservation on agricultural sloping lands using plot data in the semi-arid hilly loess region of China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2: 69-83.