



BİLİNÇSİZ GÜBRE KULLANIMININ BİYOÇEŞİTLİLİK ÜZERİNE ETKİSİ

THE EFFECTS OF UNCONSCIOUS FERTILIZER USE ON BIODIVERSITY

**Metin TURAN
Ayhan KOCAMAN**

BİLİNÇSİZ GÜBRE KULLANIMININ BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Metin TURAN*, **Ayhan KOCAMAN****

**Yeditepe Üniversitesi, **Karabük Üniversitesi*

Özet

Aşırı gübre kullanımı gibi antropojenik faaliyetler, genellikle biyolojik çeşitlilik, tür kompozisyonu ve ekosistem işleyişindeki değişikliklere neden olan etkilere sahiptirler. Biyoçeşitlilik ve tür kompozisyonundaki bu tür değişimlerde, aşırı gübre kullanımının etkenlerinin ekosistem işleyişi üzerindeki uzun vadede etkilerinin iklim değişikliğine ve sera gazı artmasına katkısı yanında, ekolojik çevrede yavaş yavaş biyolojik çeşitliliğe ve adapte olmuş türlere etkisinin önemli derecede etki ettiği buna bağlı olarak eko sistemdeki bio-çeşitliliği yeniden azalan bir yönde yapılandırmaktadır. Bu nedenle aşırı sentetik gübre kullanımının minimum düzeylerde tutularak organik girdilerin artırılmasının ve tarla boyutunu azaltarak ekim alanı heterojenliğini arttırmanın, ekolojik dengenin korunması ve türler arasında rekabeti koruyarak biyolojik çeşitlilik dengesini koruyacağı gibi sera gazı etkisi ile atmosferik olayların biyoçeşitlilik ve ekoloji üzerine etkisinin azaltılabileceği ve topraktaki bio-dinamik yapının yeniden kurulabilmesi için konvensiyonel tarıma alternatif olarak çiftlik boyutlarında karlılığı artıracak sürdürülebilir tarım için organik ve ya rejeneratif tarım sistemlerinin uygulanmasının artırılması ve teşvik edilmesi kaçınılmaz hale gelmektedir.

Anahtar Kelimeler

Biyoçeşitlilik, Gübreleme, Azot, Rejeneratif tarım, Ekoloji, Bio-dinamik tarım

THE EFFECTS OF IRRESPONSIBLE FERTILIZER USE ON BIODIVERSITY

Metin TURAN*, Ayhan KOCAMAN**

**Yeditepe University, **Karabük University*

Abstract

Anthropogenic activities, such as the excessive use of fertilizers, often have effects that lead to changes in biodiversity, species composition, and ecosystem functioning. With such changes in biodiversity and species composition, the long-term effects of the factors of excessive fertilizer use on ecosystem functioning contribute to climate change and increases in greenhouse gasses. As a result, diversity is restructured in a decreasing direction and, accordingly, bioavailability in the ecosystem. For this reason, increasing organic input by limiting the excessive use of synthetic fertilizers to a minimum and increasing the heterogeneity of cultivated areas by reducing field size will maintain the ecological balance and the balance of biodiversity by maintaining competition between species and reducing the impact of greenhouse gasses and atmospheric events on biodiversity and ecology as well as bioavailability in the soil. In order to restore the dynamic structure, it is essential to promote the use of organic or regenerative farming systems for sustainable agriculture, which increases the profitability of farms as an alternative to conventional agriculture.

Keywords

Biodiversity, Fertilization, Nitrogen, Regenerative agriculture, Ecology, Biodynamic agriculture

1. GİRİŞ

Dünyanın %10'u buzullarla, %19'u çöller, kuru tuz düzlükleri, plajlar, kum tepeleri ve açıkta kalan kayalar dan oluşan çorak araziler ve %71'i okyanuslardan ve %29'u yaşanılabilir toprak alanlarından oluşmaktadır. Bu yaşanılabilir toprak alanlardan %38'i ormanlardan, %14'ü çalılardan ve %49'u ise tarım için kullanılmaktadır (Ellis, Beusen, & Klein Goldewijk, 2020). Tarımın yaygınlaşması insanlığın çevre üzerindeki en büyük etkilerinden biri olmuştur. Bitki ve hayvan yaşam alanlarının tarım arazilerine dönüştürülmesi de biyolojik çeşitlilik açısından en büyük baskılardan birini oluşturulmaktadır Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN, 2022). Özellikle, antropojenik faaliyetler dünyanın ekosistemlerini önemli oranda değiştirmekte ve sıklıkla habitat bozulmasına ve biyolojik çeşitlilik kaybına neden olmaktadır (Newbold vd., 2016; Tilman vd., 2017). Bu antropojenik faaliyetlerden biri de artan küresel nüfusun besin ihtiyacını karşılamak için tarımsal alanlarda artan hatta bağımlılık haline gelen sentetik gübre kullanımıdır. Sentetik gübre kullanımı 1961 yılında Çin (2,35M), Hindistan (1,70 M), ABD (9,97M), Brezilya (0,90M) ve, Endonezya'da (0,30 M) ton iken, 2019 yılında Çin (51,15M), Hindistan (31,27M), ABD (22,40 M), Brezilya (18,13M), Endonezya (6,6M) ton olmuştur. Türkiye de kullanım artışı ise (0,11M) tondan (2,56M) ton a ulaşmıştır. Bu bağımlılık birçok ülkede birim alandan daha fazla ürün elde etmek için bilinçsiz ve gereğinden fazla gübre kullanımına tarımsal yetiştiricileri yönlendirmiştir. Aşırı gübre kullanımında besin maddelerinin su sistemlerine ve ekosistemlere taşınmasına neden olmanın yanında, kimyasal gübre ve maddelerin uzun süreli ve yoğun kullanımı toprağın direncini değiştirmektedir. Bu durum tarım arazilerindeki toprağın tampon sistemini zayıflatmakta ve bozmaktadır. Ayrıca toprağın bağışıklık sistemi olan ve canlının dinamik kısmını oluşturan biyolojik katman da zamanla yok olmaktadır. Böylece, doğada meydana gelen ve dinamik bir denge içinde çalışan su, hava dolaşımı, besin döngüsü, otomatik hastalık ve patojen kontrolü, iyon değişimi gibi birçok döngü bozulmaktadır. Bunun sonucunda biyolojik çeşitliliğini kaybeden topraklar kapasitesini, dolayısıyla üretkenliğini ve etkinliğini kaybederler (Kocaman vd., 2023). Aşırı sentetik gübre kullanımında özellikle Azot ve fosfor çiftçilerin tarlalarına uyguladığı ana gübreden ikisidir. Bu iki gübrenin küresel anlamda yarısından fazlası bitkiler tarafından alınmamaktadır (Lassaletta vd., 2014). Küresel çiftçilerin her yıl mahsullere yaklaşık 115 milyon ton azot uyguladığı ve sadece bunun %35'inin mahsuller tarafından kullanıldığı; mahsuller tarafından alınmayan 75 milyon ton azotun nehirlerimize, göllerimize ve doğal çevremize karıştığı bildirilmektedir (West vd., 2014). Kuveyt (313,79 kg), Singapur (295,70 kg), Güney Kore (245,90 kg), Mısır (171,97 kg), Yeni Zelanda (161,27 kg), Çin (150,36 kg) ve Tayvan (141,24 kg) gibi ülkeler hektar başına 100 kilogramdan fazla azot kirliliği üretmektedir. Bu durum Türkiye'de ise hektar başına 61,63 N kg düzeyindedir. Küresel çapta fosforlu gübre uygulamasına baktığımız zaman, çiftçiler her yıl yaklaşık 25 milyon ton fosfor uygulaması yapmaktadırlar. Bunun 14 milyon tonu mahsuller tarafından

kullanılmadan kirleticiye dönüşmektedir. Aşırı fosforlu gübre kullanan ülkelere baktığımız zaman Singapur 79,98, Yeni Zelanda 73,27, Japonya 69,30, Güney Kore ve Belçika 66,64 kg ha⁻¹ P'nin aşırı kullanılmasıyla listenin en üst sıralarında yer alıyorken, Türkiye'de ise aşırı P uygulaması 10,51 P kg ha⁻¹ seviyesindedir. Hektar başına uygulanan gübre miktarlarındaki artış 1961'den 2020 yılına kadar N için Bahreyn'de (31,63'ten 386,69), Mısır (31,48'den 386,69), Hollanda (49,13'den 205,73) iken ülkemizde bu gelişim 4,95 kg ha⁻¹ dan 88,69 kg ha⁻¹ çıkmıştır. P gübre kullanımında ise Brezilya (93.06 kg ha⁻¹ dan 113.89 kg ha⁻¹'a) iken ülkemizde 88.69 kg ha⁻¹ dan 32.99 kg ha⁻¹'a düştüğü görülmektedir. Potasyumlu gübre kullanımında ise yine Kuveyt (185.54 den 277.78 kg ha⁻¹), Birleşik Arap Emirlikleri (46.22 den 136.20 kg ha⁻¹) olarak artışlarla devam etmektedir (Ourworldindata, 2022).

Tarımsal sentetik gübre kullanımı sebebiyle karasal ekosistemlere azot ilavesi sanayi devrimi ile birlikte son yıllarda önemli ölçüde artmakta ve bugün küresel değişimin en yaygın itici güçlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Galloway vd., 2008). Çeşitli ampirik çalışmalar ve incelemeler, otlak bitki topluluklarının azot ilavesine genel tepkisini, özellikle tür zenginliğindeki azalmalar ve fitomas üretkenliğinde ortaya çıkan artışlar olarak belirtilmektedir (Bobbink vd., 2010; De Schrijver vd., 2011; Maskell vd., 2010). Topraklardaki bazı besin maddelerinin büyük oranda bulunması, bitki türleri arasında rekabetçi asimetrinin artmasına ve kısa, yavaş büyüyen bitki türlerinin hızla dışlanmasına yol açmaktadır (Keddy, Twolan-Strutt, & Shipley, 1997). Yapılan deneysel bir modelleme çalışmasında, besin açısından zengin uygulamada sekiz türden altısı 3 yıl içinde neredeyse yok olurken, besin açısından fakir uygulamada tüm çok yıllık türler hala çeşitliliğini koruduğu, özellikle azot (N) girişi olmadığında maksimum çeşitliliğe ulaşılırken, N yükü arttığında çeşitlilik indeksi azaldığı görülmüştür (Schippers & Joenje, 2002). 1996 ile 2015 yılları arasında dünya çapında yayınlanan 54 çalışmadan elde edilen 229'dan fazla veri noktasının meta-analizinde, daha fazla N uygulama oranları tür zenginliğini, Shannon çeşitliliğini, olgunluk indeksini ve omnivorluğu önemli ölçüde azalttığı ve yırtıcı nematod sayısını artırdığını bildirmişleridir (Liu vd., 2016). Mahsul gelişimini destekleyen daha yüksek oranlarda inorganik N gübresinin, bitkiyi besleyen nematodlar için elverişli bir ortam yarattığını sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Liu vd., 2016). İsveç'te kuzey ormanlarında ve N birikiminin düşük olduğu bir bölgede yapılan saha deneylerinden ve geniş ölçekli bir izleme çalışmasından elde edilen sonuçlara göre, düşük N dozlarında önemli bitki örtüsü değişikliklerinin meydana gelmeye başladığını ve N uygulamasının sıfıra indirildikten sonra bitki örtüsünün geri kazanıldığı rapor edilmektedir (Nordin vd., 2005). N ve P küresel deniz ve tatlı su ötrofikasyonunun %78'ine neden olmakta (Poore & Nemecek, 2018), su kütlelerinin besin bakımından zenginleşmesi, alglerin aşırı büyümesine, oksijenasyona ve biyolojik çeşitlilik kaybına neden olmaktadır (Jwaideh, Sutanudjaja, & Dalin, 2022). Hem gübre kullanımı hem de ötrofikasyon alanları sırasıyla 1950'lerden ve 1960'lardan bu yana hızla artmıştır (Diaz & Rosenberg, 2008; Morari, Vellidis, & Paige, 2011). Ayrıca, N

ile P ve K birlikte toprağa eklendiğinde bitki türü zenginliği üzerinde daha güçlü olumsuz etkileri bulunmuş, buna neden olarak da besin kolimasyonu olabileceğini düşündürmüştür (Harpole vd., 2011; Ren vd., 2010). Yine, döllemenin aynı zamanda yer altı kök rekabetini de arttırarak türler arasında ilave rekabetçi dışlanmaya neden olabileceği de bildirilmektedir (Dickson & Foster, 2011; Rajaniemi, 2002; ancak bkz. Hautier vd., 2009). Fosfor kirliliği, azot kirliliğiyle karşılaştırıldığında artan fosforun çevresel sonuçları çok daha az ilgi görmüştür (Elser & Bennett, 2011). Ayrıca, fosfor kirliliğini azaltmayı amaçlayan çevre politikaları esas olarak su ekosistemlerini hedef almıştır (Conley vd., 2009; Schindler vd., 2008). Bununla birlikte, bazı çalışmalar fosfor kirliliğinin, nitrojen kirliliği seviyesinden bağımsız olarak karasal ekosistemlerdeki biyolojik çeşitlilik için en azından eşit derecede zararlı olabileceğini göstermiştir (Ceulemans vd., 2013; Fujita vd., 2014; Wassen vd., 2005). 501 otlak kuadratında toplam 571 bitki türünde yapılan bir çalışmada, en fazla biyoçeşitliliğin toprak fosforunun daha düşük seviyelerinde olduğu, 4m² ye düşen tür zenginliğinin toprak fosforunun 40 mg P kg⁻¹ altında olduğu seviye de 40 farklı biyoçeşitliliğe rastlanırken, toprak fosforunun 80 mg P kg⁻¹ aştığı seviyelerde biyoçeşitliliği 20 tür ü geçmediğini tespit edilmiştir (Ceulemans vd., 2014). Yine uzun süre toprağa yapılan sentetik gübrelemelerin toprağın rizosfer bölgesindeki mikroorganizma çeşitliliğine olan etkisi de büyüktür. Yapılan çalışmaya göre bakteri topluluğu için, NPK kimyasal gübrelerinin uzun süreli uygulanması bakteriler için; *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, Deltaproteobakterilerin, mantar topluluğu için, Sordariomycetes'in miktarını azalttığını göstermektedir. Ayrıca yine aynı çalışmada, AMF topluluğu için, *Claroideoglomeraceae*'nin nispi sayısını arttırırken, özellikle rizosfer toprağında *Glomeraceae*'nin nispi miktarını azalttığını, nematod topluluğu için, baskın cins *Caenorhabditis*'in göreceli sayısını arttırırken, Bacterivores, Fungivores, Herbivores, Omnivores- Predators'a ait diğer cinslerin çoğunun sayısını azaltmıştır (Fan vd., 2021). NH₄⁺-N'nin toprağa uygulanması, CH₄ oksidasyonundan sorumlu enzim olan metan monooksijenazın rekabetçi inhibisyonunun bir sonucu olarak metanotrofik topluluklar üzerinde önleyici bir etkiye sahiptir (Plaza-Bonilla vd., 2014). Kimyasal gübrelerin uzun süreli uygulanması bakteri ve mantar çeşitliliğini azaltmış olduğu da yapılan bu çalışmalarda netleşmiştir.

Tarım topraklarından kaynaklanan sera gazı emisyonları gübreleme, sulama ve ekim modeli gibi tarla uygulamalarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Metan (CH₄), karbon dioksit (CO₂) ve nitroz oksit (N₂O), atmosferdeki küresel ısınmaya neden olan başlıca sera gazlarıdır (Robertson, Paul, & Harwood, 2000). Tarımdan kaynaklanan sera gazı emisyonları, insan faaliyetlerinden kaynaklanan toplam emisyonların %10-12'sini oluşturur ve tarımdan kaynaklanan toplam CH₄ ve N₂O emisyonları, sırasıyla %52 ve %84'ünü oluşturur (Edenhofer, 2015; IPCC, 2013). N gübre uygulaması topraktan sera gazı emisyonlarını düzenleyen önemli bir faktördür (Yao vd., 2012). N uygulaması, nitrifikasyon ve denitrifikasyon sürecini teşvik etmek amacıyla toprakları NH₄⁺-N ve NO₃⁻-N ile zenginleştiren ana tarımsal uygulamalardır

(Álvaro-Fuentes vd., 2016). N_2O emisyonları ile N gübre uygulama oranı arasındaki pozitif ilişkiler genellikle girdiler optimum oranları aştığında gözlemlenmiştir (Mosier vd., 2006; Ning vd., 2019), N_2O emisyonları N gübresi artan uygulama oranı ile katlanarak arttığı (Shcherbak, Millar, & Robertson, 2014; Song vd., 2018), ancak makul N uygulamasının toprak N_2O emisyonlarını önemli ölçüde ne artırdığını ne de azalttığını bildirilmektedir (Trost vd., 2016). N uygulamasının CO_2 emisyonları üzerindeki etkileri temel olarak toprağın organik maddesinin içeriğine bağlıdır. N gübresinin uygulanması toprak karbon kaynağı yeterli olduğunda toprak solunumunu teşvik ederek CO_2 emisyonlarında artışa neden olur. Ancak karbon kaynağı yetersiz olduğunda toprak solunumu engellenecektir (Niu vd., 2010). Kısa süreli bir araştırmada, N uygulamasının karbon sınırlı toprakta mikrobiyal solunumu ve biyokütleyi bile azalttığını göstermiştir (Micks vd., 2004). Tarımsal topraklar, mikrobiyal aktivite için oksijen mevcudiyetine bağlı olarak CH_4 kaynağı olarak da hareket edebilirler (Álvaro-Fuentes vd., 2016).

Mineral-organik madde-mikroorganizma etkileşimlerinin temel düzeyde anlaşılması, ekosistem bütünlüğünün küresel ölçekte anlaşılması, onarılması, geliştirilmesi ve sürdürülmesi için gereklidir. Toprak organik karbon, tarımsal üretkenliğin ve su güvenliğinin önemli bir belirleyicisi olarak kabul edilmekte olup biyolojik çeşitliliğin ve iklim değişikliğine dayanıklılığın temel taşıdır. Toprak organik karbonun arttırılması toprak kalitesini ve verimliliğini, bitki örtüsünün büyümesini sağlar ve toprakta daha fazla karbon birikmesini teşvik eder. Topraktaki organik karbon miktarının ve kalitesinin arttırılması, toprak yapısının stabilitesini, su tutma kapasitesini, gözenekliliğini ve toprağın verimliliğini artırır (Banwart vd., 2014; Baveye, Baveye, & Gowdy, 2016; Clara vd., 2017; Eleanor vd., 2015; van der Wal & De Boer, 2017). Bu da geniş bir yelpazedeki ekosistem hizmetlerinin iyileştirilmesine yol açmaktadır. Tarımsal yoğunlaşma, biyoçeşitlilik kayıplarının önemli bir nedenidir; organik tarıma geçiş ise bu eğilimi durdurmak veya tersine çevirmek için önemli bir teknik olarak önerilmektedir (Tscharntke vd., 2021). Organik tarımın biyo çeşitlilik üzerine etkiyi geleneksel tarıma göre üçte biri kadar artırdığı bildirilmektedir (Tscharntke vd., 2021). Fakat verim artışları da bunun paralelinde artmadığı ve verim kayıpları yaşandığı için artan nüfus etkisiyle ya tarım ürünlerine olan talep konvansiyonel sentetik gübre kullanımlarının azaltılma baskısı sonucunda daha fazla alanların tarıma açılmasına neden olacaktır, ya da modern tarım alanlarının çoğunun özelliği, tek bir hizmetin, yani mahsul üretiminin sağlanmasının, arazi dönüşümü, mekanik çalışma ve tarım kimyasallarının (böcek ilaçları, gübreler) kullanımı yoluyla yoğunlaştırılması (Montoya vd., 2020) olacaktır. Biyoçeşitliliği artırmaya yönelik başarılı tarımsal önlemler arasında ekim alanlarının çeşitlendirilmesi ve tarla boyutunun küçültülmesi yer alıyor; bu da hem geleneksel hem de organik sistemlerde yüksek verimi sürdürürken biyolojik çeşitliliği artırabildiği bildirilmektedir (Birkhofer vd., 2015; Landis, 2017; Schellhorn vd., 2008; Wilson, 2007). Tarım sistemlerinin çeşitlendirilmesiyle, biyolojik çeşitlilik, tozlaşma, biyolojik haşere ve yabancı ot kontrolleri

ile bozulan ekosistemin yeniden yapılanmasında anahtar rol oynar (Lichtenberg vd., 2017; Rosa- Schleich vd., 2019; Tamburini vd., 2020). Özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'daki tarım arazileri, üretim tekniklerini basitleştirmek ve en çok satan ürünlerde uzmanlaşmak için giderek artan oranda büyük monokültürler ve kısa ürün rotasyonları tarafından şekillendirilmektedir. Bu basitleştirilmiş ürün rotasyonları toprağı tüketiyor ve haşere istilasını, tekrarlanan pestisit uygulamaları yoluyla direnci ve tozlaştırıcılar ve biyokontrol ajanları için kaynak darboğazları riskini artırmakta (Schellhorn, Gagic, & Bommarco, 2015) ve bunların hepsi verim düşüşü riskini de beraberinde getirmektedir (Bennett vd., 2012). Buna karşılık, karışık ürün deseni tarafından sağlanan kaynak sürekliliği, tek başına veya kır çiçeği şeritleri gibi arazi paylaşımı uygulamalarıyla birlikte, tozlaşma ve biyolojik haşere kontrolü gibi ekosistem hizmetlerinin istikrarını etkili bir şekilde artırır (Rundlöf vd., 2014; Schellhorn vd., 2015; Westphal, Steffan-Dewenter, & Tscharntke, 2009). Sekiz bölgedeki 435 yarı doğal yaşam alanı temel alan bir çalışmada, tarla boyutunu azaltarak ekim alanı heterojenliğini arttırmanın, multitrofik çeşitlilik (bitkiler, kuşlar, arılar, kelebekler, karabid böcekleri, örümcekler ve sıfır sinekleri) için, artan çeşitlilik kadar faydalı olabileceğini göstermiştir (Sirami vd., 2019). Yine ürün tarlalarının boyutunun 5 hektardan 2,8 hektara (veya 6 hektardan 1 hektara) düşürülmesi, yarı doğal habitatın %0,5'ten %11'e (veya %0'dan %35'e) çıkarılması kadar tür sayısını da artırdığını, bunun sadece mahsul tarlaları boyunca ortak çimenlik alan kenar şeritlerindeki artıştan kaynaklanmadığını; aynı zamanda mahsul yetiştirilen tarla kenarlarının arttırılmasının olumlu bir etkisi olduğunu bildirmektedirler (Alignier vd., 2020; Clough, Kirchweiger, & Kantelhardt, 2020; Sirami vd., 2019). Daha yüksek tarla kenarı yoğunluklarının, tarımsal bir arazide yabani arı sayısının beş katına kadar çıkmasına ve daha fazla meyve tutumuna neden olabildiği (Hass vd., 2018), ve ayrıca haşere istilasını azalttığını bildirmektedirler (Bosem Baillod vd., 2017; Hass vd., 2018; Redlich, Martin, & Steffan-Dewenter, 2018).

Yenileyici tarım, toprak sağlığını, verimliliğini geri kazandıran özellikle de sürdürülebilirlik sağlayan, biyolojik çeşitliliği destekleyen, su havzalarını koruyan, ekolojik ve ekonomik dayanıklılığı artıran uygulamalardır. Ayrıca, yenileyici tarım, fotosentez ve biyolojik bileşenler yoluyla, özellikle de bozulmuş arazileri, yeniden karbonize ederek artan miktarlarda atmosferik karbonu yeraltında tutabilir ve bu da onu iklim değişikliğine karşı düşük maliyetli bir çözüm haline getirebilir. Ayrıca, sağlıklı ve besleyici gıda üretimi de dahil olmak üzere artan iklim değişikliğine karşı verilen uygulamalarda önemli bir etken olduğu anlamına da gelmektedir. Bu nedenle, bu derlemede, üst toprağın doğal bir şekilde oluşturulması, toprak sağlığının iyileştirilmesi, yerel gıda üretiminin, biyoçeşitliliğin korunması ve yenileyici ekonomik stratejilerin araştırılması da dahil olmak üzere pek çok umut verici, proaktif çözümü hayata geçirme potansiyeli nedeniyle rejeneratif tarımın gerekliliğinin önemini vurgulamaktır.

2. BİYOÇEŞİTLİLİĞİN ARTIRILMASINDA GELENEKSEL TARIMA ALTERNATİF TARIM YÖNTEMLERİ

Yirminci yüzyılda insan nüfusunun artması, doğal yaşam alanlarının yok edilmesi ve tarımın yaygınlaşması, açıkça biyoçeşitliliğin yok olmasındaki temel nedenlerdir. Birleşmiş Milletler Nüfus Programı ise bu yüzyılın sonuna kadar 11,4 milyarlık bir nüfus öngörmektedir. Nüfus artışı şüphesiz ilave besleyici gıda üretimlerini de gerektirecektir. Basit bir ifadeyle gelecekteki gıda talebini karşılamanın iki yolu var. Bunlardan birisi, mevcut tarım arazisi alanından üretimi artırmaktır ki, burada genel olarak ‘arazi koruma’ stratejisi olarak adlandırılan şey, arazi verimliliğinin sentetik gübreler ile artırarak verim boşluklarının kapatılmasını içermektedir. İkincisi ise ekim yapılan arazilerin arttırılmasıdır. Ancak arazi kullanımının tarım alanlarına dönüştürülmesi, habitat kaybı açısından doğrudan etkilerin yanı sıra biyojeokimyasal ve hidrolojik döngülerin değiştirilmesi gibi çoklu dolaylı etkilere de sahiptir (Baudron, F. & Giller, K. E., 2014). Bu nedenle, Arazi kullanımı, biyolojik çeşitliliğin korunması da dahil olmak üzere diğer ekosistem hizmetleri için kritik öneme sahiptir. Dünya çapında geleneksel sistemlere en belirgin alternatif koruyucu tarım (Giller vd., 2015), üç prensibe dayanmaktadır: Minimal toprak işleme veya toprak işlemez, sürekli toprak örtüsü - mahsuller, örtü bitkileri veya mahsul artıklarından oluşan malçla, mahsul rotasyonudur (Farooq & Siddique, 2015). Bu rotasyonlar, toprağın bozulmasını ve üretim maliyetlerinin azaltılması ile koruyucu tarımın desteklenmesinde yol gösterici ilkeler olmuştur. Dünya çapında en öne çıkan ikinci sistem ise biyodinamik ve rejeneratif tarım prensiplerinin de dahil olduğu organik tarım olmuştur.

2.1. Biodinamik Tarım

Biyodinamik tarım, bir çiftliğin canlı organizma prensiplerine dayalı olarak yönetilmesi ve bir bütün olarak toprağın ve üretimin ihtiyaçlarını çiftliğin yaşam dinamikleri aracılığıyla karşılayan, bir çiftlik sisteminin tüm unsurlarını bir araya getirmeyi amaçlayan organik tarım metodudur. Gübre olarak ağırlıklı olarak kompost kullanan organik bir tarım sistemidir. Toprak kalitesi bitki büyümesini, mahsul üretimini ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Çalışmalar, biyodinamik tarım sistemlerinin geleneksel muadillerine göre genel olarak daha iyi toprak kalitesine, daha düşük mahsul verimine ve hektar başına eşit veya daha yüksek net getiriye sahip olduğunu göstermiştir (Carpenter-Boggs, Reganold, & Kennedy, 2000; Reeve vd., 2005). Bitkilerin normal antioksidan üretimini geri kazandırarak aynı zamanda biyodinamik meyve ve sebzelerin besin değerini de arttırdığı (Granato, de vd., 2016; Patel, 2021) belirtilmektedir.

1993 ile 2017 yılları arasında “Web of Science” gibi yüksek dereceli dergilerde yayınlanan makaleler de biyodinamik, organik ve iki geleneksel tarıma elverişli ekim sistemi arasındaki uzun vadeli karşılaştırmaları rapor edilmiştir. deney sonuçlarına göre; çiftliklerde

oluşan organik gübrelerin kullanıldığı, organik olarak gübrelenen, baklagil bazlı ürün rotasyonlarının geleneksel tarım sistemlerine gerçekçi bir alternatif olduğu sonucuna varmışlardır (Santoni, 2020). Ayrıca, toprak agrega stabilitesi, toprak pH'ı, stabil organik madde oluşumu, toprak kalsiyum ve magnezyum, mikrobiyal ve faunal biyokütle (toprak solucanı, karabidler, stafilinidler ve örümcekler) açısından biyodinamik sistem, organik sistem ile karşılaştırıldığında, belirli koşullar altında daha üstün olma potansiyelini gösterdiğini bildirmektedir (Mäder vd., 2002). Biyodinamik sistemler geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında, toprak pH'ının, toplam toprak N'nin ve toprak organik karbonunun daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Fließbach, 2007). Ayrıca toprak mikrobiyal biyokütlesi, mikrobiyal biyokütle oluşumu için toprak organik maddesi ve dehidrojenaz aktivitesinin biyodinamik sistemlerde daha yüksek olduğunu göstermektedirler. Bu da biyodinamik sistemlerin daha iyi toprak kalitesinin varlığını göstermektedir. Biyodinamik tarım, topraktaki karbon tutumunun iyileştirilmesi ve üretkenliğin veya ürünün verim potansiyelinin ve besin kalitesinin artırılması gibi çeşitli yollarla sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemlidir. Aynı zamanda, böcek zararlıları ve hastalıkların önlenmesi konusunda da popülerliği artmaktadır (Muhie, 2023).

2.2. Rejeneratif Tarım

Toprak, atmosfer, okyanuslar ve bitki örtüsüyle birlikte gezegendeki en büyük karbon havuzlarından biridir. Sağlıklı topraklarda tipik olarak yüzde 6-8 oranında karbon bulunur. Topraklar, bozulmazsa veya sağlığına kavuşturulursa, yalnızca karbonlarını tutmaya devam etmekle kalmaz, aynı zamanda atmosferden daha da fazla karbon emilimi sağlar; bu da küresel ısınmayla mücadelede önemlidir (White, 2020). Rejeneratif (yenileyici) tarım, topraktan insana kadar tarım sistemlerinin sürekli yenilenmesini amaçlamaktadır ve toprak biyolojik çeşitliliğinin ve özellikle de besinlerin biyolojik döngüsünden sorumlu olan makro ve mikro organizmaların önemini vurgulamaktadır. Bu tarım sistemi birçok tarım modelini kapsamaktadır. Bu uygulamalardan; kaynakların, yani toprak, su, enerji ve biyotanın kullanımını ve sistem içindeki öğelerin karşılıklı yararlı yönlerini en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan permakültüre (Mollison, 1988), gübre ve pestisitlerin yerine ekolojik ardılığa ve tabakalaşmaya dayanan ve birçok türün bir arada yaşaması ve yönetimini sağlayan sintropik tarım (Andrade, Pasini, & Scarano, 2020), topraktaki organik madde ve sağlık, genetik çeşitliliğin korunması, hayvan entegrasyonu, faydalı böcek entegrasyonu ve sistemin dayanıklılığını artırmak için yerli tarım yöntemlerinin desteklenmesine odaklanan agroekoloji (Wezel vd., 2009), tarlalar, yollar, çitler veya çit-ağaç çizgileri gibi uygulamalar ile toprakta karbon birikimi, bitkilerin kullanabileceği suyun sağlanması ve/veya biyolojik çeşitlilik ve bolluğun artması gibi durumlara yol açan bir dizi ekosistem ve üretim temelli ilişkili çiftlik peyzajı unsurlarının kullanılması (O'Donoghue, Minasny, & McBratney, 2022), toprakların daha fazla katyon değişim kapasitesi ve nem tutma özelliği sağlayan ve nitröz oksit emisyonlarını azaltan özelliklere sahip biochar (Lehmann vd., 2021) uygulamalarıdır.

Son zamanlarda yapılan incelemeler, rejeneratif tarımdaki ana temalarının toprak sağlığı, biyolojik çeşitlilik ve sosyoekonomik eşitsizlikler olarak belirlemekteler (O'Donoghue, T., Minasny, B., & McBratney, A. 2022). Ancak şu ana kadar uygulamaya veya sonuçlara dayalı bir tanımlı açıklığa kavuşturamamıştır. Son yıllarda bu kavram çiftçiliklerde ve kurumsal ilgide hızlı bir artış görmektedir. Bu kapsamda artık yenileyici tarımın en iyi şekilde bir hareket olarak görülebileceği de öngörülmektedir. Örneğin (Harwood, 1983) 'Yenileyici Tarım Felsefesi'ni 10 maddede özetlemektedir;

1. Tarım, yüksek verimde, biyositol içermeyen, besin değeri yüksek gıdalar üretmelidir.
2. Tarım, toprağın üst katmanlarının derinliğini, verimliliğini ve fiziksel özelliklerini artırarak toprak verimliliğini azaltmak yerine arttırmalıdır.
3. Toprak florasını ve faunasını tamamen toprak desenine entegre eden besin akış sistemleri daha verimlidir. Çevreye daha az zarar verir ve mahsullerin daha iyi beslenmesini sağlar. Bu tür sistemler, toprak profilinde yukarıya doğru yeni bir besin akışı sağlayarak olumsuz çevresel etkileri azaltır veya ortadan kaldırır. Böyle bir süreç, tanımlı gereği, bir toprak oluşum sürecidir.
4. Mahsul üretimi, sentetik biyositolere olan ihtiyacı ortadan kaldırarak stabilite için biyolojik etkileşimlere dayanmalıdır.
5. Tarım sisteminin biyolojik yapısını bozan maddeler (günümüz sentetik gübreleri gibi) kullanılmamalıdır.
6. Rejeneratif tarım, biyolojik yapılanması itibarıyla sistemin yöneticisi/katılımcıları ile sistemin kendisi arasında yakın bir ilişki gerektirir.
7. Biyolojik nitrojen fiksasyonu yoluyla nitrojen konusunda büyük ölçüde kendine güvenen entegre sistemler kullanılmalıdır.
8. Tarımdaki hayvanlar, insan gıdasında bulunan hormonların ve antibiyotiklerin profilaktik kullanımını önleyecek şekilde beslenmeli ve barındırılmalıdır.
9. Tarımsal üretim artan düzeyde istihdam yaratmalıdır.
10. Yenileyici Tarım, ulusal düzeyde planlama gerektirir ancak besin akışı döngülerini kapatmak için yüksek derecede yerel ve bölgesel kendine güvenmeyi gerektirir.

Bu nedenle, daha fazla pratik ve akademik çalışmayı tanımlamak ve yönlendirmek için yazarlar, rejeneratif tarımın potansiyelini araştırmak üzere literatüre geri dönmektedirler. Yenileyici tarım" teriminin tanımlı ve/veya açıklaması hakkında 229 dergi makalesinden ve 25 kuruluştan alınan verilere göre, araştırma makalelerinde en sık bahsedilen süreçlerin, %26'sı dış girdilerin hiç olmaması veya çok az olması ve çiftlik içi girdilerin kullanılması, %19'u hayvancılığın entegrasyonu, %12'si sentetik gübre kullanılmaması, %12'si pestisitler

ve toprak işlemenin azaltılması veya ortadan kaldırılması ile ilgili olduğudur. Ayrıca, web siteleri arasında en sık bahsedilen süreçlerden %41'i toprak işlemenin azaltılması veya ortadan kaldırılması, %41'i hayvancılığın entegrasyonu ve %31'nin örtü bitkilerinin kullanımı olduğunu belirtmektedir (Newton vd., 2020). Yine 2016 yılından sonra analiz edilen hakemli 28 makalede, tanımların farklı konulara (örneğin toprak sağlığı, iklim değişikliği) ve ölçeklere (örneğin çiftlik, gıda sistemleri düzeyine) değiştiğini ve bunun da farklı uygulama düzeylerine yol açtığını gördüklerini belirtmektedirler (Schreefel vd., 2020). Yine kuzey Amerika'da 20 bölgede yetiştirilen mısır bitkisinde geleneksel tarım ve rejeneratif tarım sistemleri kıyaslanmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre; böcek zararlısı popülasyonları, böcek ilacı uygulanan çiftliklerde, böcek ilacı içermeyen rejeneratif tarımın uygulandığı çiftliklere kıyasla 10 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, zararlı popülasyonlarında sayısal olarak yaprak bitlerinin baskın olduğu da belirtilmektedir (LaCanne, C. E., & Lundgren, J. G., 2018). Tarımdaki haşere sorunları genellikle düşük biyolojik çeşitliliğin ve çok sayıda mekansal ölçekte basit topluluk yapısının ürünü (Tscharrntke vd., 2012) olduğu da belirtilmektedir.

Artan gıda üretimi ve sınırlı kaynaklara sahip çiftçi aileleri için daha fazla gelir elde etme hedefi çiftçileri yüksek teknoloji ve yüksek sentetik gübre kullanma stratejileri, özellikle üçüncü dünya ülkelerinde döviz talep eden petrol bazlı girdilere dayanmaktadır. Bunlar, gereksiz üretim maliyetlerini artırmakta, çiftçi ailelerini tehlikeye sokmakta ve kırsal çevreyi bozan aşırı kimyasal gübre ve böcek ilacı kullanımını içerebilmektedir. Bu girdiler ise özellikle küçük çiftçileri ekonomik açıdan zayıflatır. Bu nedenle, gelecekteki tarımsal üretim sistemlerini, çiftlikte bulunan üretim kaynaklarından daha iyi yararlanacak şekilde tasarlanabilmesi önemlidir. Pahalı girdilerin yerine uygun kaynakların kullanımı ile gelişmiş nitrojen fiksasyonu, daha fazla toplam organik madde üretimi ve daha yüksek düzeyde biyolojik aktivite katkısı ile verimlilik artırılabilir. Örnek olarak, Kuzey Dakota'da yenilikçi bir çiftçi olan Brown, ailesinin geleneksel olarak yönetilen, aşınmış, yıpranmış arazisini, yenileyici tarımla organik toprağa dönüştürerek biyolojik açıdan zengin, sağlıklı ve üretken bir işletmeye dönüştürdüğünü (Brown, 2018) bildirdiği çalışmada, ayrıca her yıl toprağın pullukla çevrilmesi, toprağı rüzgar ve su erozyonuna maruz bıraktığını ve daha önce güvenli bir şekilde depolanan büyük miktarda karbondioksitin atmosfere salınmasına neden olduğunu, sürme ile toprak agregatlarını parçalanıp, kritik mantar ağlarını yok edildiğini ve mikroplar, solucanlar ve diğer yaşam formları için uygun olmayan bir ortam oluşturulduğunu, ve çıplak veya sıkıştırılmış toprakla sonuçlanabileceğini belirtmektedir. Sonuçta, yaşam sona erdiğinde, bunu erozyon takip edecektir. Fakat, toprak işlemez yenileyici tarım yönetim uygulamaları toprak organik karbonunu artırmaya yönelik avantajlarına rağmen, daha yüksek N_2O emisyonlarıyla sonuçlanacağı yönünde bazı endişelerde mevcuttur. Çünkü bu gazın küçük bir konsantrasyonu bile ısınma üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. toprak işlemez tarım ile artan N_2O , muhtemelen düşük oksijen koşulları ve düşük toprak

pH'ı ve dokusuyla birlikte düşük organik madde nedeniyle denitrifikasyona neden olan N gübrelerinin daha yüksek kullanımına bağlı olabilir (Burford, J. R., & Bremner, J. M. 1975; Bergstrom, D. W., Tenuta, M., & Beauchamp, E. G., 1994). Bu nedenle, azaltılmış veya toprak işlemez tarımdan kaynaklanan N_2O emisyonlarının etkisini azaltmak için verimliliği arttırılmış azotlu gübrelerin kullanılması önerilmektedir (Thilakarathna vd., 2020). Diğer bir yenileyici tarım ilkelerinden birisi de, toprağın kapalı tutulmasını ve köklerin tüm yıl boyunca toprakta kalmasını içerir. Yöntemlerden biri örtü bitkilerini tarım sistemine dahil etmektir. Örtü bitkileri, ekim dönemlerinde topraktaki canlı bitkileri örtmek ve tutmak için genellikle ana ürünler arasında yetiştirilir. Bu, ya hasattan sonra örtü bitkileri ekerek ya da daha sonra bir sonraki sezonda hasat sonrası toprak örtüsünü korumak için gelişecek çok yıllık bitkilerle birlikte genellikle tahıllar gibi mahsullerin az tohumlanmasıyla gerçekleştirilir. Baklagiller de dahil olmak üzere çok türlü örtü bitkilerinin, biyolojik azot tespiti, mikrobiyal çeşitlilik, sıkışmanın azaltılması, faydalı böceklerin çekilmesi, yabancı otların bastırılması, toprak sıcaklığının düzenlenmesi ve artan su sızması gibi ekosistem işlevlerini iyileştirdiği düşünülmektedir. Örtü bitkileri, toprak verimliliğini artırmanın yanı sıra, karbon tutulumuna yardımcı olur ve bunların yaygın olarak benimsenmesi, toprak işlemez veya diğer ekim uygulamalarıyla karşılaştırılabilecek düzeyde tarımsal sera gazı emisyonlarını %10 azaltabilmektedir (Kaye, J. P., & Quemada, M., 2017). Bir diğer popüler rejeneratif tarım uygulaması ise, hayvancılığın metan emisyonlarına katkıda bulunmakla yaygın olarak suçlanmasına rağmen, toprak sağlığını iyileştirmek ve gelir akışını çeşitlendirmek için hayvancılığı entegre etmektir (Seó, H. L., Machado Filho, L. C., & Brugnara, D., 2017). Toprak organik karbonunu arttırmak ve toprak sağlığını iyileştirmek için sürekli otlatma yerine dönüşümlü otlatma tercih edilir (Díaz-Solís 2009; Teague 2008; Byrnes vd., 2018). Anekdotsal kanıtlar dönüşümlü otlatmanın bazı otlaklarda, özellikle daha kuru ve sıcak iklimlerde toprak organik karbonunu artırabileceğini göstermektedir (Conant, R. T., Paustian, K., & Elliott, E. T. 2001; Follett, 2020). Bu nedenle, çiftliklerin tamamında, her tarladaki uygun ürün ve ekimi hayvan işletmeleri ile entegre edilebilir, bu da yüksek düzeyde yapılandırılmış ve verimli bir sisteme yol açar. Bu tür sistemler, birçok ülkede tarım girdilerinde ve temel gıda maddelerinin üretiminde kendine yeterliliğin artmasıyla ilgilenen ulusal tarım sektörü planlamacılarının ihtiyaçlarına hizmet edebilir. Ayrıca, bunlar sınırlı kaynak koşullarında gıda ürünlerine ilişkin araştırmaların arttırılmasını ve hem büyük hem de küçük çiftliklerin işletmecileri için bilgi, teşvikler ve uygun teknolojilerin sağlanmasını yerel kalkınmaya da katkı sağlayabilir.

3. SONUÇ

Hava, toprak, su ve organizmalar, aşırı gübrelemeye bağlı olarak ekosistemlerinin yapısı, işlevi ve biyolojik çeşitliliği üzerindeki önemli sonuçları yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Son elli yılda uluslararası çevre kuruluşları ve politika yapımcılar, biyosfere ve insanlığa yönelik dengesiz N ve P kullanımının bilinen küresel riskleriyle yüzleşmekte etkisiz

kalmışlardır. Son zamanlarda aşırı gübre kullanımına bağlı olarak N ve P döngülerindeki oran dengesizlikleri, iklim ve C-dönüşüm modellerine dahil edilmeye başlansa da bunların “koordineli bir uluslararası politika” ve küresel değişim forumu tarafından ele alınması gerekmektedir. Ayrıca, küresel biyoçeşitliliğe yönelik tehditleri önlemek ve azaltmak için, daha ciddi koruma çabalarına ihtiyaç duyulacak ve tarımsal uygulamalardaki değişiklikler, tarımsal ticaretin artması ve arazi kullanım planlamasının iyileştirilmesi gibi proaktif politikalar da gerekli olacaktır. Ayrıca, rejeneratif tarım ile, çiftliklerdeki toprak biyolojisini, organik maddeyi ve biyolojik çeşitliliği teşvik ederek böcek ilacı ve gübre gibi daha az maliyetli girdiye ihtiyaç duyulacağı ve haşere popülasyonlarını daha etkili bir şekilde yönetilebileceği gibi, çok türlü örtü bitkilerinin uygulanması ve dönüşümlü otlatma veya hayvancılık yöntemlerinin kullanılmasını içeren yeni yönetim uygulamaları yoluyla da biyolojik çeşitlilik desteklenebilecektir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Alignier, A., Solé-Senan, X. O., Robleño, I., Baraibar, B., Fahrig, L., Giralt, D., ... & Batáry, P. (2020). Configurational crop heterogeneity increases within-field plant diversity. *Journal of Applied Ecology*, 57(4), 654-663.
- Andrade, D., Pasini, F., & Scarano, F. R. (2020). Syntropy and innovation in agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 45, 20-24.
- Álvaro-Fuentes, J., Arrúe, J. L., Cantero-Martínez, C., Isla, R., Plaza-Bonilla, D., & Quílez, D. (2016). Fertilization Scenarios in Sprinkler-Irrigated Corn under Mediterranean Conditions: Effects on Greenhouse Gas Emissions. *Soil Science Society of America Journal*, 80(3), 662-671.
- Banwart, S., Black, H., Cai, Z., Gicheru, P., Joosten, H., Victoria, R., ... & Montanarella, L. (2014). Benefits of soil carbon: report on the outcomes of an international scientific committee on problems of the environment rapid assessment workshop. *Carbon Management*, 5(2), 185-192.
- Baveye, P. C., Baveye, J., & Gowdy, J. (2016). Soil “ecosystem” services and natural capital: critical appraisal of research on uncertain ground. *Frontiers in Environmental Science*, 4, 41.
- Bennett, A. J., Bending, G. D., Chandler, D., Hilton, S., & Mills, P. (2012). Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological reviews*, 87(1), 52-71.
- Baudron, F., & Giller, K. E. (2014). Agriculture and nature: trouble and strife?. *Biological Conservation*, 170, 232-245.
- Bergstrom, D. W., Tenuta, M., & Beauchamp, E. G. (1994). Increase in nitrous oxide production in soil induced by ammonium and organic carbon. *Biology and fertility of soils*, 18, 1-6.
- Birkhofer, K., Diehl, E., Andersson, J., Ekroos, J., Früh-Müller, A., Machnikowski, F., ... & Smith, H. G. (2015). Ecosystem services—current challenges and opportunities for ecological research. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2, 87.
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., ... & De Vries, W. (2010). Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological applications*, 20(1), 30-59.
- Bosem Baillod, A., Tscharntke, T., Clough, Y., & Batáry, P. (2017). Landscape-scale interactions of spatial and temporal cropland heterogeneity drive biological control of cereal aphids. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1804-1813.
- Brown, Gabe. *Dirt to soil: One family's journey into regenerative agriculture*. Chelsea Green Publishing, 2018.
- Burford, J. R., & Bremner, J. M. (1975). Relationships between the denitrification capacities of soils and total, water-soluble and readily decomposable soil organic matter. *Soil biology and biochemistry*, 7(6), 389-394.

- Byrnes, R. C., Eastburn, D. J., Tate, K. W., & Roche, L. M. (2018). A global meta-analysis of grazing impacts on soil health indicators. *Journal of environmental quality*, 47(4), 758-765.
- Carpenter-Boggs, L., Reganold, J. P., & Kennedy, A. C. (2000). Effects of biodynamic preparations on compost development. *Biological agriculture & horticulture*, 17(4), 313-328.
- Ceulemans, T., Merckx, R., Hens, M., & Honnay, O. (2013). Plant species loss from European semi-natural grasslands following nutrient enrichment—is it nitrogen or is it phosphorus? *Global Ecology and Biogeography*, 22(1), 73-82.
- Ceulemans, T., Stevens, C. J., Duchateau, L., Jacquemyn, H., Gowing, D. J., Merckx, R., . . . Bobbink, R. (2014). Soil phosphorus constrains biodiversity across European grasslands. *Global Change Biology*, 20(12), 3814-3822.
- Clara, L., Fatma, R., Viridiana, A., & Liesl, W. (2017). Soil organic carbon: the hidden potential. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Clough, Y., Kirchweger, S., & Kantelhardt, J. (2020). Field sizes and the future of farmland biodiversity in European landscapes. *Conservation letters*, 13(6), e12752.
- Conant, R. T., Paustian, K., & Elliott, E. T. (2001). Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological applications*, 11(2), 343-355.
- Conley, D. J., Paerl, H. W., Howarth, R. W., Boesch, D. F., Seitzinger, S. P., Havens, K. E., ... & Likens, G. E. (2009). Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*, 323(5917), 1014-1015.
- De Schrijver, A., De Frenne, P., Ampoorter, E., Van Nevel, L., Demey, A., Wuyts, K., & Verheyen, K. (2011). Cumulative nitrogen input drives species loss in terrestrial ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 20(6), 803-816.
- Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926-929.
- Díaz-Solís, H., Grant, W. E., Kothmann, M. M., Teague, W. R., & Díaz-García, J. A. (2009). Adaptive management of stocking rates to reduce effects of drought on cow-calf production systems in semi-arid rangelands. *Agricultural Systems*, 100(1-3), 43-50.
- Edenhofer, O. (2015). *Climate change 2014: mitigation of climate change* (Vol. 3): Cambridge University Press.
- Ellis, E. C., Beusen, A. H., & Klein Goldewijk, K. (2020). Anthropogenic biomes: 10,000 BCE to 2015 CE. *Land*, 9(5), 129.
- Elser, J., & Bennet, E. (2011). A broken biogeochemical cycle. *Nature*, 478(7367), 29-31.
- Fließbach, A., Oberholzer, H. R., Gunst, L., & Mäder, P. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 273-284.

- Fan, K., Delgado-Baquerizo, M., Guo, X., Wang, D., Zhu, Y. G., & Chu, H. (2021). Biodiversity of key-stone phylotypes determines crop production in a 4-decade fertilization experiment. *The ISME Journal*, 15(2), 550-561.
- Farooq, M., & Siddique, K. H. (2015). Conservation agriculture: concepts, brief history, and impacts on agricultural systems (pp. 3-17). Springer International Publishing.
- Follett, R. F., Stewart, C. E., Bradford, J., Pruessner, E. G., Sims, P. L., & Vigil, M. F. (2020). Long-term pasture management impacts on eolian sand soils in the southern mixed-grass prairie. *Quaternary International*, 565, 84-93.
- Fujita, Y., Venterink, H. O., Van Bodegom, P. M., Douma, J. C., Heil, G. W., Hölzel, N., ... & Wassen, M. J. (2014). Low investment in sexual reproduction threatens plants adapted to phosphorus limitation. *Nature*, 505(7481), 82-86.
- Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., ... & Sutton, M. A. (2008). Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320(5878), 889-892.
- Giller, K. E., Andersson, J. A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O., & Vanlauwe, B. (2015). Beyond conservation agriculture. *Frontiers in plant science*, 6, 870.
- Granato, D., de Magalhães Carrapeiro, M., Fogliano, V., & van Ruth, S. M. (2016). Effects of geographical origin, varietal and farming system on the chemical composition and functional properties of purple grape juices: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 52, 31-48.
- Harpole, W. S., Ngai, J. T., Cleland, E. E., Seabloom, E. W., Borer, E. T., Bracken, M. E., ... & Smith, J. E. (2011). Nutrient co-limitation of primary producer communities. *Ecology letters*, 14(9), 852-862.
- Hass, A. L., Kormann, U. G., Tschardtke, T., Clough, Y., Baillod, A. B., Sirami, C., ... & Batáry, P. (2018). Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1872), 20172242.
- Harwood, R. R. (1983). International overview of regenerative agriculture. Rodale Research Center.
- IPCC, A. (2013). Climate change 2013: the physical science basis. *Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, 1535.
- Jwaideh, M. A., Sutanudjaja, E. H., & Dalin, C. (2022). Global impacts of nitrogen and phosphorus fertiliser use for major crops on aquatic biodiversity. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(8), 1058-1080.
- Kaye, J. P., & Quemada, M. (2017). Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for sustainable development*, 37, 1-17.
- Keddy, P., Twolan-Strutt, L., & Shipley, B. (1997). Experimental evidence that interspecific competitive asymmetry increases with soil productivity. *Oikos*, 253-256.

- Kocaman, A., Turan, M., Tüfenkçi, Ş., Katırcıoğlu, H., Güneş, A., Kıtır, N., ... & Yıldırım, E. (2023). Development of plant-friendly vermicompost using novel biotechnological methods. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 1-12.
- LaCanne, C. E., & Lundgren, J. G. (2018). Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. *PeerJ*, 6, e4428.
- Landis, D. A. (2017). Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*, 18, 1-12.
- Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J., & Garnier, J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. *Environmental Research Letters*, 9(10), 105011.
- Lehmann, J., Cowie, A., Masiello, C. A., Kammann, C., Woolf, D., Amonette, J. E., ... & Whitman, T. (2021). Biochar in climate change mitigation. *Nature Geoscience*, 14(12), 883-892.
- Lichtenberg, E. M., Kennedy, C. M., Kremen, C., Batary, P., Berendse, F., Bommarco, R., ... Williams, N. M. (2017). A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology*, 23(11), 4946-4957.
- Liu, T., Chen, X., Hu, F., Ran, W., Shen, Q., Li, H., & Whalen, J. K. (2016). Carbon-rich organic fertilizers to increase soil biodiversity: Evidence from a meta-analysis of nematode communities. *Agriculture, ecosystems & environment*, 232, 199-207.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694-1697.
- Maskell, L. C., Smart, S. M., Bullock, J. M., Thompson, K. E. N., & Stevens, C. J. (2010). Nitrogen deposition causes widespread loss of species richness in British habitats. *Global Change Biology*, 16(2), 671-679.
- Micks, P., Aber, J. D., Boone, R. D., & Davidson, E. A. (2004). Short-term soil respiration and nitrogen immobilization response to nitrogen applications in control and nitrogen-enriched temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 196(1), 57-70.
- Milne, E., Banwart, S. A., Noellemeyer, E., Abson, D. J., Ballabio, C., Bampa, F., ... & Zheng, J. (2015). Soil carbon, multiple benefits. *Environmental Development*, 13, 33-38.
- Mollison, B. (1988). *Permaculture: a designer's manual*. Permaculture: a designer's manual.
- Montoya, D., Gaba, S., de Mazancourt, C., Bretagnolle, V., & Loreau, M. (2020). Reconciling biodiversity conservation, food production and farmers' demand in agricultural landscapes. *Ecological modelling*, 416, 108889.
- Morari, F., Vellidis, G., & Paige, G. (2011). Fertilizer. In *Encyclopedia of environmental health* (pp. 727-737). ELSEVIER Inc.
- Mosier, A. R., Halvorson, A. D., Reule, C. A., & Liu, X. J. (2006). Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado. *Journal of environmental quality*, 35(4), 1584-1598.

- Muhie, S. H. (2023). Concepts, principles, and application of biodynamic farming: a review. *Circular Economy and Sustainability*, 3(1), 291-304.
- Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S., ... Phillips, H. R. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science*, 353(6296), 288-291.
- Newton, P., Civita, N., Frankel-Goldwater, L., Bartel, K., & Johns, C. (2020). What is regenerative agriculture? A review of scholar and practitioner definitions based on processes and outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 577723.
- Ning, D., Qin, A., Duan, A., Xiao, J., Zhang, J., Liu, Z., ... & Liu, Z. (2019). Deficit irrigation combined with reduced N-fertilizer rate can mitigate the high nitrous oxide emissions from Chinese drip-fertilized maize field. *Global Ecology and Conservation*, 20, e00803.
- Niu, S., Wu, M., Han, Y., Xia, J., Zhang, Z., Yang, H., & Wan, S. (2010). Nitrogen effects on net ecosystem carbon exchange in a temperate steppe. *Global Change Biology*, 16(1), 144-155.
- Nordin, A., Strengbom, J., Witzell, J., Näsholm, T., & Ericson, L. (2005). Nitrogen deposition and the biodiversity of boreal forests: implications for the nitrogen critical load. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34(1), 20-24.
- O'Donoghue, T., Minasny, B., & McBratney, A. (2022). Regenerative agriculture and its potential to improve farmscape function. *Sustainability*, 14(10), 5815.
- Patel, R. S. (2021). Biodynamic agriculture: a form of alternative agriculture. *Agriculture & food: e-newsletter*.
- Plaza-Bonilla, D., Cantero-Martínez, C., Bareche, J., Arrúe, J. L., & Álvaro-Fuentes, J. (2014). Soil carbon dioxide and methane fluxes as affected by tillage and N fertilization in dryland conditions. *Plant and Soil*, 381, 111-130.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.
- Redlich, S., Martin, E. A., & Steffan-Dewenter, I. (2018). Landscape-level crop diversity benefits biological pest control. *Journal of Applied Ecology*, 55(5), 2419-2428.
- Reeve, J. R., Carpenter-Boggs, L., Reganold, J. P., York, A. L., McGourty, G., & McCloskey, L. P. (2005). Soil and winegrape quality in biodynamically and organically managed vineyards. *American journal of enology and viticulture*, 56(4), 367-376.
- Ren, Z., Li, Q., Chu, C., Zhao, L., Zhang, J., Ai, D., ... & Wang, G. (2010). Effects of resource additions on species richness and ANPP in an alpine meadow community. *Journal of Plant Ecology*, 3(1), 25-31.
- Robertson, G. P., Paul, E. A., & Harwood, R. R. (2000). Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science*, 289(5486), 1922-1925.

- Rosa-Schleich, J., Loos, J., Mußhoff, O., & Tschardtke, T. (2019). Ecological-economic trade-offs of diversified farming systems—a review. *Ecological Economics*, 160, 251-263.
- Rundlöf, M., Persson, A. S., Smith, H. G., & Bommarco, R. (2014). Late-season mass-flowering red clover increases bumble bee queen and male densities. *Biological Conservation*, 172, 138-145.
- Santoni, M., Ferretti, L., Migliorini, P., Vazzana, C., & Pacini, G. C. (2022). A review of scientific research on biodynamic agriculture. *Organic Agriculture*, 12(3), 373-396.
- Schellhorn, N. A., Gagic, V., & Bommarco, R. (2015). Time will tell: resource continuity bolsters ecosystem services. *Trends in ecology & evolution*, 30(9), 524-530.
- Schellhorn, N. A., Macfadyen, S., Bianchi, F. J., Williams, D. G., & Zalucki, M. P. (2008). Managing ecosystem services in broadacre landscapes: what are the appropriate spatial scales?. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(12), 1549-1559.
- Schreefel, L., Schulte, R. P., De Boer, I. J. M., Schrijver, A. P., & Van Zanten, H. H. E. (2020). Regenerative agriculture—the soil is the base. *Global Food Security*, 26, 100404.
- Schindler, D. W., Hecky, R. E., Findlay, D. L., Stainton, M. P., Parker, B. R., Paterson, M. J., ... & Kasian, S. (2008). Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: results of a 37-year whole-ecosystem experiment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(32), 11254-11258.
- Schippers, P., & Joenje, W. (2002). Modelling the effect of fertiliser, mowing, disturbance and width on the biodiversity of plant communities of field boundaries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 351-365.
- Seó, H. L., Machado Filho, L. C., & Brugnara, D. (2017). Rationally managed pastures stock more carbon than no-tillage fields. *Frontiers in Environmental Science*, 5, 87.
- Shcherbak, I., Millar, N., & Robertson, G. P. (2014). Global metaanalysis of the nonlinear response of soil nitrous oxide (N₂O) emissions to fertilizer nitrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(25), 9199-9204.
- Sirami, C., Gross, N., Baillod, A. B., Bertrand, C., Carrié, R., Hass, A., ... & Fahrig, L. (2019). Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(33), 16442-16447.
- Song, X., Liu, M., Ju, X., Gao, B., Su, F., Chen, X., & Rees, R. M. (2018). Nitrous oxide emissions increase exponentially when optimum nitrogen fertilizer rates are exceeded in the North China Plain. *Environmental science & technology*, 52(21), 12504-12513.
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., Van Der Heijden, M. G., Liebman, M., & Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science advances*, 6(45), eaba1715.
- Teague, R., Provenza, F., Norton, B., Steffens, T., Barnes, M., Kothmann, M., & Roath, R. (2008). Benefits of multi-paddock grazing management on rangelands: limitations of experimental grazing research and knowledge gaps. *Grasslands: ecology, management and restoration*. Hauppauge, NY, USA: Nova Science Publishers, 41-80.

- Thilakarathna, S. K., Hernandez-Ramirez, G., Puurveen, D., Kryzanowski, L., Lohstraeter, G., Powers, L. A., ... & Tenuta, M. (2020). Nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency in wheat: Nitrogen fertilization timing and formulation, soil nitrogen, and weather effects. *Soil Science Society of America Journal*, 84(6), 1910-1927.
- Tilman, D., Clark, M., Williams, D. R., Kimmel, K., Polasky, S., & Packer, C. (2017). Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, 546(7656), 73-81.
- Trost, B., Prochnow, A., Meyer-Aurich, A., Drastig, K., Baumecker, M., & Ellmer, F. (2016). Effects of irrigation and nitrogen fertilization on the greenhouse gas emissions of a cropping system on a sandy soil in northeast Germany. *European Journal of Agronomy*, 81, 117-128.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., ... & Whitbread, A. (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological conservation*, 151(1), 53-59.
- Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T. C., Westphal, C., & Batáry, P. (2021). Beyond organic farming—harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in ecology & evolution*, 36(10), 919-930.
- URL-1: <https://ourworldindata.org/excess-fertilizer>
- URL-2: <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics>
- van der Wal, A., & De Boer, W. (2017). Dinner in the dark: illuminating drivers of soil organic matter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, 105, 45-48.
- Wassen, M. J., Venterink, H. O., Lapshina, E. D., & Tanneberger, F. (2005). Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature*, 437(7058), 547-550.
- West, P. C., Gerber, J. S., Engstrom, P. M., Mueller, N. D., Brauman, K. A., Carlson, K. M., . . . Ray, D. K. (2014). Leverage points for improving global food security and the environment. *Science*, 345(6194), 325- 328.
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. (2009). Mass flowering oilseed rape improves early colony growth but not sexual reproduction of bumblebees. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 187-193.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for sustainable development*, 29, 503-515.
- White, C. (2020). Why regenerative agriculture?. *American Journal of Economics and Sociology*, 79(3), 799-812.
- Wilson, G. A. (2007). Multifunctional agriculture: a transition theory perspective. *Cabi*.
- Yao, Z., Zheng, X., Dong, H., Wang, R., Mei, B., & Zhu, J. (2012). A 3-year record of N₂O and CH₄ emissions from a sandy loam paddy during rice seasons as affected by different nitrogen application rates. *Agriculture, ecosystems & environment*, 152, 1-9.

Yazarlar Hakkında / About Authors

Prof. Dr. Metin TURAN | Yeditepe Üniversitesi |

metin.turan[at]yeditepe.edu.tr | ORCID:0000-0002-4849-7680

Metin Turan 1972 yılında Erzurum doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurumda tamamlamıştır. 1993 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünden mezun olup, asistan olarak göreve başlamıştır. 1997 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans ve 2002 Doktora, 2005 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde Doçent ve 2010 yılında da Profesör ünvanını almıştır. 2011 yılında Yeditepe Üniversitesi Genetik ve Biyomühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak göreve başlamış, 2019 yılında Yeditepe Üniversitesi Tarım Ticareti Bölümünde Bölüm başkanı olarak görevine devam etmiş ve halen bu Bölümde Bölüm başkanı olarak görevine devam etmektedir.

Prof. Dr. Metin TURAN | Yeditepe University |

metin.turan[at]yeditepe.edu.tr | ORCID:0000-0002-4849-7680

Metin Turan was born in Erzurum in 1972. He completed his primary, secondary and high school education in Erzurum. He graduated from Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Soil in 1993 and started working as an assistant. He received his master's degree from Atatürk University Faculty of Agriculture, Institute of Science and Technology in 1997 and his doctorate in 2002. He received the title of Associate Professor at Atatürk University Faculty of Agriculture, Department of Soil in 2005 and Professor in 2010. He started working as a faculty member in the Department of Genetics and Bioengineering at Yeditepe University in 2011, and continued to work as the head of the Department of Agricultural Commerce at Yeditepe University in 2019, and he still continues to serve as the head of the Department in this Department.

Doç. Dr. Ayhan KOCAMAN | Karabük Üniversitesi |
ayhankocaman[at]karabuk.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1597-7936

Ayhan Kocaman 1975 yılında Erzurum merkez doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamlamıştır. 2000 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünden mezun olup, aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 19998 yılında Türk Hava Yolları Erzurum ofisinde göreve başlamıştır. 2009-2019 yıllarında Türk Hava Yollarının farklı yurt dışı noktalarında Yurt dışı müdürü olarak görev almıştır. 2009 yılında Doktora öğrenimini Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlamıştır. 2019 yılından itibaren Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre mühendisliğinde öğretim üyesi olarak görevine devam etmektedir. Çalışma alanları Ekoloji, toprak ve su kirliliği, yenileyici tarım yöntemleri, bitki besleme konularındadır.

Assoc. Prof. Ayhan KOCAMAN | Karabük University |
ayhankocaman[at]karabuk.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1597-7936

Ayhan Kocaman was born in 1975 in the centre of Erzurum. He completed his primary, secondary and high school education in Erzurum. He graduated from Atatürk University Faculty of Agriculture, Department of Soil Science in 2000 and started his master's program at Atatürk University Institute of Science and Technology in the same year. He started working at Turkish Airlines Erzurum office in 1998. Between 2009 and 2019, he worked as General Manager of Turkish Airlines in various international locations. He completed his doctoral studies at Atatürk University, Institute of Science and Technology in 2009. Since 2019, he has been working at Karabük University, Faculty of Engineering, Environmental Engineering. His research areas are ecology, soil and water pollution, regenerative agriculture methods and plant nutrition.