

## İklim Değişikliğini Tolere Etmede Farklı Organik Gübrelerin Toprak Özelliklerine Etkisi

Tülay DIZIKISA<sup>1\*</sup>, Nesrin YILDIZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Ağrı

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Erzurum

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [tulay250@hotmail.com](mailto:tulay250@hotmail.com)

**Geliş Tarihi (Received):** 08.07.2023

**Kabul Tarihi (Accepted):** 22.08.2023

### Özet

İklim değişikliği önemli bir küresel sorundur. İklim değişikliğini azaltmak için sürdürülebilir tarım önemli bir tercihtir. Tarım toprakları, geçtiğimiz yüzyıllarda organik maddesini giderek kaybetmiştir. İklim değişikliğiyle mücadele için teşvik edilen uygulamalardan biri de toprak organik maddesinin artırılmasıdır. Organik maddeyi artırmanın en iyi yolu ise organik gübre kullanımının yaygınlaştırılmasıdır. Organik gübre kullanımı; bir yandan zararlıları ve hastalıkları engellerken diğer taraftan ürün verimini ve toprak özelliklerini iyileştirebilmektedir. Toprakta karbon tutulması, CO<sub>2</sub>'in atmosferden uzaklaştırıldığı ve toprak karbon havuzunda depolandığı bir süreçtir. Bu derleme çalışmasının amacı, farklı özelliklere sahip organik kökenli gübre kullanımının; ister tarımsal faaliyetlerden kaynaklansın, isterse kentsel, endüstriyel veya ulaşım faaliyetlerinden kaynaklansın, atmosferik karbon düzeyini dengeleme ve atmosferik karbon artışının küresel ısınma üzerindeki olumsuz etkileriyle mücadeledeki yerini ele almaktır.

**Anahtar Kelimeler:** İklim değişikliği, toprak organik maddesi, toprak karbonu, atmosferik karbon

## The Effect of Different Organic Fertilizers on Soil Properties in Tolerating Climate Change

### Abstract

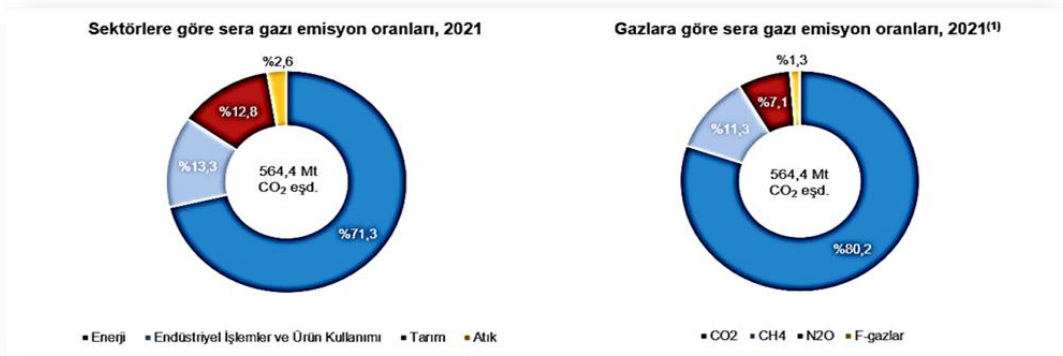
Climate change is an important global problem. Sustainable agriculture is an important choice to mitigate climate change. Soil has gradually lost its organic matter over the past centuries. One of the practices encouraged to combat climate change is to increase soil organic matter. The best way to increase organic matter is the widespread use of organic fertiliser. The use of organic fertilisers can improve crop yield and soil properties while preventing pests and diseases. Soil carbon sequestration is a process in which CO<sub>2</sub> is removed from the atmosphere and stored in the soil carbon pool. The aim of this review is to discuss how the use of fertilisers of organic origin with different properties can reduce the adverse effects of atmospheric carbon increase on global warming, whether from agricultural activities or from urban, industrial or transport activities.

**Keywords:** Climate change, soil organic matter, soil carbon, atmospheric carbon

## 1. Giriş

Küresel ısınma ve/veya iklim değişikliği 19. yüzyıldan günümüze kadar dünya gündeminde yer alan önemli çevre sorunudur. Ekonomik etkinlikleri gelecek nesilleri düşünmeden hayata geçiren ülkeler, bölgesel ve küresel çevre sorunlarına neden olmaktadır. Sorunun çözümü ise tüm dünyada çevre bilincinin güçlenmesinden, dayanışma kültürünü içselleştirmekten ve iş birliği yaklaşımlardan geçmektedir. Ulaştırma, sanayi, enerji kullanımı, tarım ve fosil yakıtların fazla kullanılmasıyla endüstriyel ve doğal sera gazı miktarları her geçen gün artmakta ve iklim değişikliği dünyanın önemli sorunlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Küresel ısınma; atmosferdeki sera gazı birikimlerinin antropojenik (insan kaynaklı) etkiler sonucunda önemli miktarda artmasıyla birlikte ekosistemlerde oluşan değişiklikler olarak tanımlanabilir (Arıkan, 2016; Şahin ve Avcıoğlu, 2016). Atmosferdeki CO<sub>2</sub> seviyeleri, fosil yakıt kaynaklı emisyonların etkisiyle sürekli olarak artmaktadır. Yayılan CO<sub>2</sub>'nin bir kısmı deniz suyunda çözünerek derin okyanuslara karışırken, bir diğer kısmı da bitkiler tarafından fotosentez sırasında kullanılır. Okyanuslar ve biyosfer, atmosferdeki CO<sub>2</sub> emisyonunu tutarak

atmosferdeki CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> seviyelerindeki değişimleri dengelemeye çalışırlar (Ussiri ve Lal, 2017). İnsan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının bir sonucu olarak, pH seviyesinin sürekli olarak düşmesi ve okyanusun karbonat doygunluğunun azalması nedeniyle okyanus asitlenmesi meydana gelir (Caldeira ve Wickett, 2003). Bu durum son 200 yılda dünya genelinde okyanusların asitliğinde yaklaşık %30'luk bir artışa yol açmıştır. Atmosferik CO<sub>2</sub> emisyonlarının %40'ı, pH seviyelerindeki 0.1 birimlik düşüş gibi değişikliklere neden olan bu etkene katkı sağlamıştır (Johnson ve White, 2014). Bu emilim, atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonundaki artışı yavaşlatsa da deniz yaşamını olumsuz etkileyerek okyanus kimyasını değiştirmiştir (Ussiri ve Lal, 2017; Zeebe ve ark., 2008). Küresel ölçekte on kaynak tarımsal sera gazı kaynaklarını meydana getirmektedir. Kaynaklar içerisinde hayvansal kökenli tarımsal sera gazı (mide fermantasyonu sonucu çevreye yayılan) metan gazı %39 ile en büyük payı oluşturmaktadır. Otlatma esnasında toprak yüzeyinde kalan hayvan gübrelere yayılan sera gazları ise %15, hayvan gübresinin kullanımının yönetimi %6.7 ve toprağa uygulanan çiftlik gübresi %3.6'lık paya sahiptir (Uzel ve Gürlük, 2014).



Şekil 1. Sera gazı emisyonları genel ve ayrımlı oranlar (TÜİK Haber Bülteni, 2023)

Tarımsal sera gazı kaynaklarının bitkisel kökenli olanlarında ilk sırayı kimyasal gübrelerin kullanımı %13.6, çeltik tarımı %9.8, anız yakılması %5.4, ürün

artıkları %3.7 ve işlenmiş topraklardan çevreye yayılan sera gazı %2.5 paya sahiptir (Uzel ve Gürlük, 2014). Küresel ısınmanın nedenlerinden biri CO<sub>2</sub>

(Karbondiyoksit), CFC (Kloroflorokarbon), metan (CH<sub>4</sub>) ve N<sub>2</sub>O (Nitroz oksit) gibi sera gazlarının oranlarının atmosferdeki artışıdır. Azotlu gübrelemeyle nitroz oksit

(N<sub>2</sub>O) emisyonu hem gübrelerin kullanım etkinliğini düşürür hem de küresel ısınmaya etki eder (Bayraç, 2010; Uzel ve Gürlük, 2014; İlik, 2019).

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	(Milyon ton CO <sub>2</sub> eşd.)	
											1990-2021 değişim (%)	2020-2021 değişim (%)
<b>Toplam emisyon</b>	<b>219,5</b>	<b>298,9</b>	<b>398,8</b>	<b>475,0</b>	<b>501,1</b>	<b>528,6</b>	<b>523,1</b>	<b>508,7</b>	<b>524,0</b>	<b>564,4</b>	<b>157,1</b>	<b>7,7</b>
CO <sub>2</sub>	151,6	229,9	316,2	384,9	406,0	430,9	422,1	402,7	412,9	452,7	198,6	9,6
CH <sub>4</sub>	42,5	43,7	51,6	52,8	55,6	56,8	60,4	63,2	63,9	64,0	50,7	0,2
N <sub>2</sub> O	25,0	24,8	27,4	32,3	34,3	35,4	35,5	37,0	40,5	40,3	61,5	-0,5
F-gazlar	0,5	0,5	3,5	5,0	5,2	5,4	5,2	5,8	6,7	7,4	1456,8	10,2

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir. F-gazlar florlu gazlardır.

Şekil 2. Gazlara göre sera gazı emisyonları (TÜİK Haber Bülteni, 2023)

İklim değişikliği; yağış rejimindeki farklılık ve seviyesinde artış, doğal afetler ve kuraklık gibi olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Sıralanan bu olumsuz gelişmeler, birçok alanda yaşamı olumsuz etkilerken, özellikle tarımsal üretim sürecinde verimlilik ve bitki gelişme düzeyi üzerinde önemli tehdit oluşturan hal almaktadır. Hızlı nüfus artışına ve sanayi devrimine bağlı olarak hızla artan enerji ihtiyacı özellikle fosil yakıtların kullanımını artırdıkça, atmosferdeki sera gazı miktarı da artmaktadır. İklim değişikliği konseptinde uzmanların öngördüğü senaryolara göre, 1700’lü yıllarda ortalama 280 ppm olan atmosferik CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, günümüz atmosferinde 410-414 ppm düzeyine ulaşmıştır. Bilindiği üzere, tarımsal aktiviteler arasında bitkisel üretim optimum toprak koşullarıyla beraber bunu destekleyen optimum iklim koşullarına da bağlıdır. Bitki gelişme etkenleri arasında atmosferik karbondiyoksit fotosentezin önemli bir girdisi olup, bitki bünyesinde karbon başta olmak üzere hidrojen ve oksijen gibi üç element bitki organik yapının %95’ine yakını oluşturur. Sonuçta atmosferik CO<sub>2</sub> artışı diğer faktörler de optimize olduğunda fotosentezi dolayısıyla verimi artırmaktadır. Ancak atmosferik CO<sub>2</sub> artışı dolaylı olarak bitki

gelişmesini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu etki bitkisel üretimde istenmeyen atmosferik hava olaylarına etkisi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Yağış rejiminin değişmesi, dolu ve kısa sürede yoğun sağanak yağışlar, seller, bitki kök bölgesinde nem azalması, kuraklık, yüksek sıcaklık, ilkbahar erken ve geç donları vb. olumsuzluklar bitki gelişmesinin olumsuz etkilenmesine, verim veya üretkenliğin düşmesine veya hasar görmesine neden olabilmektedir. İklim değişikliğinin genel etkileri, tarım uygulamaları ve teknolojiye bağlı değişiklikler gibi diğer faktörlerle birlikte tarımsal üretimi etkileyen unsurları dikkate almayı gerektirir. Bu gelişen faktörler, giderek daha zor hale gelen koşullarla birleştiğinde, gıda güvenliği risklerinin ortaya çıkmasına neden olabilir. Temel ihtiyaçlar olan su ve besinlere erişim, öncelikle sürdürülebilir kaynak yönetimiyle sağlanabilir. İnsanlar ve diğer canlılar için gerekli olan su ve besinlerin temini, kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasıyla mümkündür. Sürdürülebilir ekonomik büyüme hedeflendiğinde, iklim değişikliği ile ilgili hızlı ve etkili adımlar atılması kaçınılmazdır. Bu adımlar hem çevresel sürdürülebilirliği hem de ekonomik refahı korumayı amaçlar. İklim değişikliği ile

mücadelede etkin politika ve uygulamalar, gelecekteki gıda üretimi, su kaynakları ve genel yaşam kalitesi için kritik önem taşıyor (Anonim, 2023). İklim değişimleri konusunda özellikle son dönemlerde yaşanan ani yağışlar ve diğer atmosferik değişimler doğrudan atmosferde artan CO<sub>2</sub> miktarı ile ilişkilendirilmektedir (Şensoy ve ark., 2013). Bilim insanları atmosferdeki karbondioksit salınımını azaltmakla birlikte yeniden bitkiler üzerinde tutmak ve toprakta muhafaza etmek için yeni araştırma teknikleri geliştirmelidir (Ortaş, 2018). Nitekim, Toprakta karbon tutulması, CO<sub>2</sub>'nin atmosferden uzaklaştırıldığı ve toprak karbon havuzunda depolandığı bir süreçtir (Ontl ve Schulte, 2012). Türkiye de küresel ısınmadan etkilenmiş ve “Isınma/kuraklaşma” sürecine girmiştir. Bu süreç, İç Anadolu Bölgesi ve benzeri bölgelerde bir “çölleşme” sürecine dönüşmüştür. Çölleşme; özellikle alçak arazideki tarım ve otlak alanlarında aşırı buharlaşma ile su kaybına ve giderek tuzlanmaya ve rüzgâr erozyonuna sebep olmaktadır (Kantarıcı, 2009). Sera gazı emisyonları toprak karbon stokları; toprak özellikleri, arazi kullanımı, mikrobiyal aktiviteler ile doğal dengesizlikler ile iklim faktörleriyle bağdaştırılan karbon girdi ve çıktılarıyla oldukça yakın ilişkilidir (Arevalo ve ark., 2009; Halvorson ve ark., 2002). Bu sebeple, üretimdeki değişimleri ve sera gazı emisyonunu azaltmak için üretimin tüketim kalıplarındaki değişikliklerle birleştirilmesi gerekmektedir (Zornoza ve Muoz, 2017). En önemli sera gazlarından karbondioksit ve metan küresel ısınmada da oldukça güçlü etkiye sahiptirler. Karbon, “toprak-atmosfer-canlılar” üçlüsünde organik madde ve canlılığın temelinde önemli bir yeri olan gazdır. Karbonun temel depolanma ortamı topraktır. Toprak organik maddesi yaklaşık % 58 karbon içermektedir. Atmosfer ile toprak arasında dengeli şekilde dönüşüm yapan karbon son derece önemli ve gerekli iken topraktan atmosfere doğru geçtiğinde geleceği tehlike altına sokmaktadır. Karbon döngü hızının

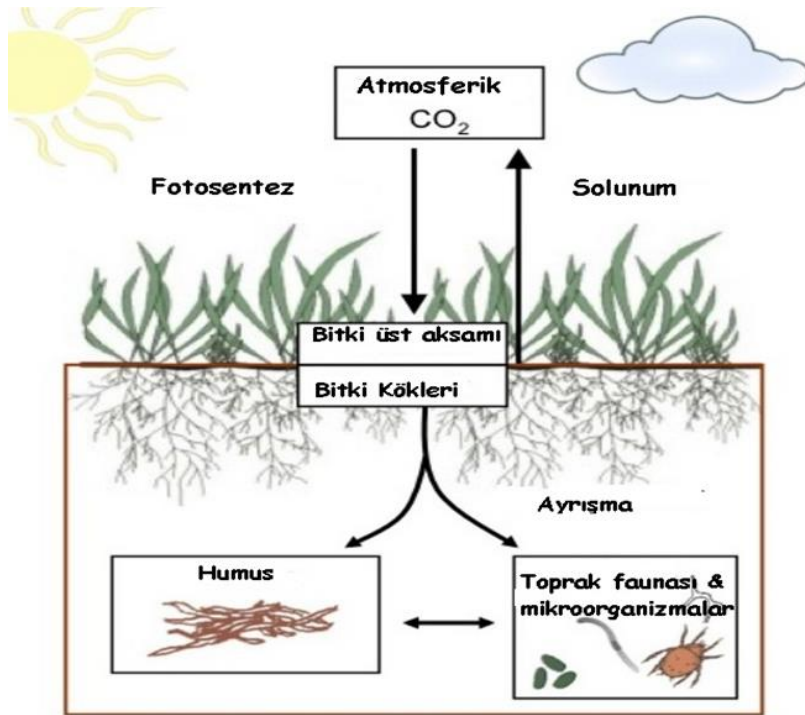
bozulması küresel ısınmayla birlikte onun direkt ve dolaylı etkileri sel oluşumu, çölleşme, toprak çoraklaşması, erozyon ve gıda güvenliğinin tehdit altına girmesi gibi farklı şekillerde hayata yansımaktadır (Konakçı ve Pak, 2016). Diğer taraftan, Küresel ısınmanın tarım üzerindeki en küçük etkisi bile bitki, toprak ve insan sağlığını kapsayan besin zincirini büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Bu nedenle bilimsel manada; bir yandan toprak bitki yönetiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları azaltılmasında diğer yandan da sürdürülebilir tarım tekniklerinin geliştirilmesi üzerinde çalışılması gerekmektedir.

## 2.Konuyla İlgili Araştırmalar

Yeterli düzeyde bir bitkisel üretim sağlamak ya da güvenli kılmak için bitki besin elementlerini uygun ve yeterli düzeylerde toprağa uygulamanın önemi, her zamankinden daha çok anlaşılmiş bulunmaktadır. Yetiştiriciler, kültür bitkilerinin verim yönünden genetik üst limitlerine daha çok yaklaşabilmek için, geliştirilmiş bulunan kültürel önlemleri kullanmak kadar, bitki besin elementleri noksanlıklarını gidermek ya da önlemek için büyük bir uğraş içindedirler. Bu uğraşların bir sonucu olarak dünyada gübre endüstrisinde ve besin elementlerinin tüketiminde büyük gelişmeler olmuştur. Günümüze değin gelişmiş bulunan teknoloji, daha etkili gübre bileşiklerinin üretilmesini sağlamıştır. Tarım topraklarında besin elementlerinin kazanç ve kayıpları arasındaki denge bozulup, besin dengesi negatif (kayıp) yöne kaydığında, eksilen besinlerin yerine konması zorunlu olmaktadır. Bu amaçla besin elementleri mineral (inorganik) ve/veya organik gübreler biçiminde toprağa uygulanmaktadır. Organik gübreler temelde bitki ve hayvan yaşamı kalıntı ve artıklarından kökenlenir. Organik gübreler su ve karbon bileşikleri yönünden varıls, fakat mineral gübrelere oranla besin elementlerince yoksuldurlar. Toprağa uygulanan organik maddeler, kuşkusuz toprağın organik madde içeriğini artırır ve

böylece toprak strüktürü, su tutma kapasitesi, yağış sularının infiltrasyonu ve öteki toprak özellikleri olumlu yönde etkilenir. Bu nedenle bitki yetiştirme sistemlerinin toprak organik madde birikimini artırması yönünde bilinçli yapılması öngörülmektedir (Güzel, 1982; Aydemir, 1988). Sürdürülebilir tarım uygulamalarında toprak yönetimi; fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini iyileştirdiği, toprak havalanmasını ve su tutma kapasitesini arttırdığı, toprak mikroorganizmalarının aktivitesine bağlı olarak besin maddelerinin elverişliliği ve emilimini arttırdığı için toprak organik maddesini iyileştiren ve koruyan uygulamalara dayanmaktadır. Sürdürülebilir tarımda toprak organik madde içeriğini artırmak için kullanılacak organik madde kaynakları etkin bir şekilde değerlendirilmelidir (Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012). Çünkü

sağlıklı toprak olabilmenin temel koşullarından biri de, toprak organik madde içeriğinin artırılması sonucu, toprakların ümmün sisteminin güçlenmesine (toprak özelliklerinin iyileşmesi) yönelik önlemler alınması temeline dayalı olmasıdır. Çünkü, toprak üretkenliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda iklim değişikliğinin temel nedeni olan sera gazları (karbon ekonomisi) nı dengeleme üzerine de olumlu etkileri söz konusu olacaktır. Nitekim, toprakta karbon tutulması, CO<sub>2</sub>'in atmosferden uzaklaştırıldığı ve toprak karbon havuzunda depolandığı bir süreçtir. Bu sürece öncelikle fotosentez yoluyla bitkiler aracılık eder ve karbon “toprak organik karbonu” (SOC) şeklinde depolanır. Topraktaki karbon dengesi (kahverengi kutu) fotosentezden kaynaklanan karbon girdileri ve solunumdan kaynaklanan karbon kayıpları (Şekil.1) ile kontrol edilir (Ontl ve Schulte, 2012)



Şekil 3. Toprakta Karbon dengesi

Topraktaki C miktarı, gezegenin karasal ekosistemlerinde bulunan karbonun önemli bir bölümünü temsil etmektedir.

Karasal ekosistemlerdeki toplam C miktarı yaklaşık 3170 gigatondur (GT; 1 GT = 1 petagram = 1 milyar metrik ton). Bu

miktarın yaklaşık % 80'i (2500 GT) toprakta bulunur (Lal 2008). Toprak karbonu organik (1550 GT) ya da inorganik karbon (950 GT) olabilir. İkincisi elementel karbon ve kalsit, dolomit ve jips gibi karbonat maddelerinden oluşur (Lal, 2004). Canlı bitki ve hayvanlarda bulunan karbon miktarı, toprakta bulunana göre (560 GT) nispeten daha azdır. Toprak karbon havuzu, 800 GT'lik atmosferik havuzdan yaklaşık 3,1 kat daha büyüktür (Oelkers ve Cole, 2008). Sadece okyanus, çoğunluğu inorganik formlarda olmak üzere yaklaşık 38.400 GT C ile daha büyük bir karbon havuzuna sahiptir (Houghton, 2007). Günümüzde tarımsal uygulamalarda gözden kaçırılan en önemli şey; tarımsal faaliyetlerin toprak, hava ve su gibi biyosferin önemli bileşenleri ve bunların birbirleriyle olan ilişkileri ile yakından ilişkili olması ve ortaya çıkacak herhangi bir sorunun tarımı, ekosistemleri ve biyoçeşitliliği doğrudan etkileyecek olmasıdır. Yoğun ve bilinçsiz toprak işleme, kimyasal gübre ve pestisit kullanımına bağlı modern tarımdan kaynaklanan toprak özelliklerinin bozulmasını ve çevre kirliliğini önlemek için tarımın en önemli önceliği sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması ve bilinçlendirilmesi olmalıdır (Yıldız, 1996; Parlakay ve ark., 2015; Güler ve Börüban, 2019). Son zamanlarda; organik madde ayrışmasını azaltarak toprak verimliliğini olumsuz etkileyen küresel ısınma sorununun olumsuz etkilerini en aza indirmek ve organik madde yönünden fakir tarım alanlarını iyileştirmek amacıyla organik madde kaynakları kullanılmaya başlanmıştır (Ortaş, 2018). Toprak karbon havuzundaki değişiklikler, küresel iklim koşullarını ve atmosferik sera gazı konsantrasyonlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Toprağa organik madde ilavesiyle ılıman iklim alanlarında toprak organik karbonunun uzun süre korunabileceği ve hiçbir döngünün toprak organik karbonunu tutamayacağını, karbondioksit emisyonlarının iklim

değişikliğiyle artacağını ve azot oksit emisyonlarının önemli ölçüde değişmeyeceği bildirilmiştir (Lal, 2004; Diaz-Hernandez, 2010; Jeong ve ark., 2013; Han, 2018). Toprak organik madde miktarını artırabilmek için; hayvan gübresi, anız, vermikompost (solucan gübresi), yeşil gübre, kompost (gıda endüstrisi ve bitkisel atıklar), biyokömür, Leonardit, arıtma çamurları vs. olarak kullanılmaktadır. Evsel katı atıkların % 46'sını organik, % 17'sini kâğıt, % 10'nu plastik, % 5 'ini cam, % 4'ünü metal, % 18'ini ise diğer atıklar oluşturmaktadır. Organik atıklar % 46 ile en büyük payı içermektedir (Hoornweg ve Bhada-Tata, 2012). Değerlere bakıldığında Türkiye organik atıkların potansiyelini iyi bir şekilde yönetebilirse ülke bu anlamda çok ciddi bir kazanç elde eder ve topraklar organik madde yönünden zenginleştirilir. Ancak bununla ilgili çok ciddi bir seferberliğe ihtiyaç vardır. Organik madde kaynaklarımız etkin şekilde değerlendirildiğinde yıllık yaklaşık 112 milyon tonluk organik gübre elde edilebilir. Bunun sağlanabilmesi için üreticilerin toprak organik maddesinin önemi, kullanılacak organik madde kaynakları ve bunları nasıl kullanacağı hakkında bilgilendirilmesi gereklidir. Organik atıklar değerlendirildiğinde tarım alanlarımızın yaklaşık % 25'ine yani 5 milyon hektara her yıl uygulanabilecek, organik gübreler ve yeşil gübrelemeyle toprakların organik madde miktarı artırılarak verim potansiyeli, yetiştirilen bitkilerin verim ve kaliteleri artırılmış olacaktır (Konca ve Uzun, 2012; Anonim, 2018). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2016, 2017 ve 2018 verilerine göre yaklaşık 71.000 ton organik gübre üretilmiştir. Ülkemizin yaklaşık 3.782.000 tonluk toplam organik gübre kapasitesi ve üretilen organik gübre miktarı birlikte düşünüldüğünde toplam rakam yaklaşık % 2'lik bir orana denk gelmektedir. Bu oran organik atıkların kullanım oranının gerçeği yansıtmadığını düşündürmektedir. Organik madde toprak organik karbonunun kaynağını oluşturur ve toprak verimliliğinin en önemli göstergesidir. Son derece karbon

tüketen tuzlu toprakların olduğu yerler, uygun bitki ve ağaç türlerinin yağmur suyunu korumak amacıyla uygun toprak koruma yöntemleriyle beraber yetiştirilmesi sonucunda toprakta karbon birikmesi ve bitki örtüsü için yüksek potansiyele sahiptir (Gupta ve Rao, 1994). Karbondioksiti yakalayarak depolamayla (sekestrasyon) hem toprağa giren karbon miktarını artırılır hem de ayrışma veya erozyonla ayrılan karbon miktarı da azaltılır. Ekim, sulama, gübreleme, arazi tesviyesi, tuzlu toprakların drenajı, alçı uygulaması, dayanıklı çok amaçlı ağaç türlerinin dikilmesi ve alkali toprakların ıslahı gibi çalışmalarla toprakların bitki örtüsü artırılabilir böylece toprakta karbon miktarı artırılabilir (Yadav ve Singh, 1970; Singh ve ark., 1988; Gupta ve Rao, 1994). Tarım sektöründe, çiftlik gübreleri hem toprağın besin elementlerine ihtiyacını karşılayan bir kaynak olarak hem de toprak özelliklerini geliştiren değerli organik materyaller olarak önem taşır. Doğru bir olgunlaştırma sürecinden geçirildiğinde, kimyasal gübrelere göre daha ekonomik ve zengin bir besin elementi kaynağı olarak toprakta kullanılabilirler. Çiftlik gübreleri, içerdikleri organik maddeler sayesinde toprağın su tutma kapasitesini artırmanın yanı sıra, nitrojen (N), fosfor (P), potasyum (K) ve sülfür (S) gibi temel besin elementlerini toprağa sağlayarak bitkilerin gelişimini desteklerler (Kacar ve Katkat, 2009). Bu gübreler aynı zamanda bitkilerin ve toprak mikroorganizmalarının gelişimi için gerekli olan vitamin, hormon ve düzenleyici maddelerin kaynağıdır. Toprak mikroorganizmalarına enerji ve karbon kaynağı sağlayarak onların çoğalmasını teşvik eder. Ayrıca, yüksek katyon değişim kapasiteleri sayesinde bitki besin elementlerinin toprakta kalmasını sağlar ve aşırı tuzluluk veya pH değişikliklerine karşı tampon görevi görerek toprak sağlığını korur. Görüldüğü gibi iklim değişikliğinin yaygın etkilerinden biri olan “kuraklık ve tuzluluk” sorunlarının çözüm odağında da toprak organik maddesi önemli bir sigorta görevi üstlenmektedir. Toprak için sayısız

faydası olan organik materyallerden, ne yazık ki, yeterince faydalanılmamaktadır. Hayvan gübrelerinin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için kompostlama işlemi önemlidir. Ancak, kompostlama sürecindeki eksik bilgi, hayvan gübrelerinin etkili bir organik gübre haline dönüştürülmesini zorlaştırmakta, özellikle azot gibi önemli bitki besin elementlerinin kaybına neden olmakta ve aynı zamanda kötü koku ve artan sinek popülasyonu gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır (Kütük ve Çaycı, 2010). Bu nedenle, çiftlik gübrelerinin etkili bir şekilde değerlendirilmesi ve kompostlama süreçlerinin daha iyi yönetilmesi hem tarımsal verimliliği artırabilir hem de çevresel sürdürülebilirliği destekleyebilir. Organik materyallerin olgunlaştırılmaması ve çok miktarda uzun süre kullanılması durumunda bazı dezavantajlar yaşanabilir. Bu sorunlar: 1- Mikro element (Fe, Zn, Cu, Mn) noksanlık ve toksisitesi, 2- Su ve havalanma problemleri, 3- Alleopatik etkiler ve 4- Hastalık ve zararlı sorunları olup, sürdürülebilir tarım ve toprak kalitesi yönünden bu sorunların göz ardı edilmemesi gereklidir (Wolf, 2000). Tarım, dünya karasal alanında mevcut toprakların yaklaşık % 40–50'sini kapsamaktadır. Bu sebeple, tarımsal faaliyetlerde sera gazı emisyonlarının azaltılması amacıyla çeşitli stratejilere başvurulmaktadır. Meraların sürdürülebilir yönetimi, ekim nöbeti uygulamaları ve degradasyona uğramış toprakların ıslahı gibi yöntemler bu stratejilere örnek olarak verilebilir. Toprak organik maddesinin artırılması da gelecekte sağlıklı tarım toprakları için son derece önemli bir adımdır. Tarımsal ekosistemler, özellikle toprak organik maddesi olarak karbon açısından önemli rezervlere sahiptir. Karbon depolamasını artırmak veya kaybını azaltmak amacıyla; ürün rotasyonları, nadasa bırakılan alanların azaltılması, dengeli gübreleme, toprak işleme sıklığının azaltılması, örtü bitkileri ve bitki artıkları kullanımı, ağaçlandırma, toprak organik madde içeriğinin artırılması gibi çeşitli yöntemler önerilmektedir. Bugünlerde

toprak kaynaklarının korunması esası üzerine odaklanarak, karasal ekosistemlerin korunması tüm ülkelerin ortak amacıdır. Gıda güvenliğinin ve sürdürülebilir tarım anlayışının artırılması, ormanların sürdürülebilir yönetimi, çölleşmeye karşı mücadele, biyoçeşitliliğin korunması, kırsal yoksulluğun azaltılması ve tarım arazilerinin tahribatının minimize edilmesi gibi hedefler, Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) taraf ülkelerinin 2030 hedefleri arasında yer almaktadır. Karasal ekosistemler dünya genelinde topraklarla en büyük karbon rezervlerini barındırır. Doğru yönetildiğinde, topraklar büyük miktarda karbonu depolama potansiyeline sahiptir. Bu, sadece iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum süreçlerine de katkıda bulunur. Türkiye’de bir hektar 30 cm derinlikteki topraklarda tarım alanlarında 36 ton, ormanlarda 56 ton, meralarda ise 50 ton karbon depolanır ve toprakların tamamındaki organik karbon stok miktarı toplam yaklaşık 3.5 milyar tondur. Çevreyi ve atmosferi koruyan tarımsal faaliyetlerdeki hedef; özellikle tarım arazileri ve meralarda toprak organik karbon miktarını bilinçli ve sürdürülebilir yönetimle daha da artırmaktır. Toprak organik karbonu (TOK), toprak organik maddesinde bulunan karbon miktarını belirtir. Toprak organik maddesinin fraksiyonları, değişen oranda ve ara ürün düzeyinde mikroorganizmaların da dahil olduğu aktif (labil, kararsız) organik fraksiyon (% 40) ve dirençli veya kararlı (stabile) organik madde (% 40-60)’dir. Organik maddenin aktif kısmını taze artıklar ve çözünebilir materyaller oluşturur ve bunların ayrışmaları oldukça hızlıdır. Toprak organik maddesi ana bileşeni TOK’dur ve toprak strüktürünün stabilizasyonu, besinler, toprakta suyun infiltrasyonu ve depolanması vb. temel toprak fonksiyonlarını desteklediğinden toprak sağlığı, verimliliği ve gıda üretimi açısından son derece kritik öneme sahiptir. Topraklar, en büyük karasal organik karbon

rezervlerini barındıran alanlardır. Bu miktar, jeolojik özelliklere, iklim koşullarına ve arazi kullanımı ve yönetimine bağlı olarak değişiklik gösterir. Toprakların sürdürülebilir yönetimi ve organik karbonun artırılması hem toprak sağlığını koruma hem de iklim değişikliği ile mücadele açısından büyük öneme sahiptir. Fosil yakıtlar, ayrışma vb. olayların topraktan atmosfere saldıği karbonun tekrar toprağa kazanılmasında en etkili yol, bitkiler tarafından fotosentez yoluyla karbonun organik yapıya yeniden bağlanabilmesidir. Toprak organik maddesi ayrıştırıldığında, atmosfere karbon içerikli (CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub>) sera gazları salınır. Bu salınımlar çok miktarda gerçekleşirse sıcaklık artışı kaçınılmaz olur. Toprak organik karbon stokları uygun yönetim stratejileriyle artırılabilir ve bu sayede atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun azaltılmasına katkı sağlanabilir. Böylece iklim değişikliğinin etkisi azaltılabilir (ÇEM, 2018). Toprakta karbon depolanması, ekolojik süreçlerin etkileşiminden kaynaklanan hayati bir ekosistem hizmetidir. Bu süreçleri etkileyen insan faaliyetleri karbon kaybına sebep olabileceği gibi, karbon depolamanın iyileşmesine de yol açabilir. Toprak üretkenliğine büyük bir katkı sağlayan toprak organik maddesi toprakta önemli bir kısım oluşturmaktadır. Toprak organik maddesini kararlı, kararsız ve etkisiz olmak üzere üç gruba ayrılır. Kararsız toprak organik maddesi toprak mikroorganizmalarının besin ve enerji kaynağı, kararlı toprak organik maddesi daha az ayrıştırılabilir organik madde rezervi ve etkisiz toprak organik maddesi ise toprağın fiziksel özelliklerini etkileyen ve tepkimeye girme eğilimi en az olan organik maddedir (Strosser, 2010). Organik madde; metal iyonları ve sulu oksitler ile suda çözünen ve suda çözünmeyen kompleksler oluşturmaktadır. Kil mineralleriyle etkileşime girmekte ve partikülleri birbirine bağlayarak hem doğal hem de antropojenik organik bileşiklerin tutunmasını ve ayrışmasını, bitki besin



elementlerinin absorpsiyonunu, serbest bırakılmasını ve toprakta suyun tutulmasını sağlamaktadır. Yani organik maddenin varlığı veya yokluğu kimyasalların toprakta veya sedimentte nasıl reaksiyon göstereceğini belirgin şekilde etkilemektedir (Schumacher, 2002). Toprak organik maddesi, toprak-bitki ekosisteminin kritik bir bileşenidir. Organik maddenin az veya yok olması; toprağın su tutma kapasitesinin düşmesine, yüzey ve yeraltı sularının kalitesindeki düşüşe, zayıf agregasyona, toprak erozyonunun artmasına, bitki besin elementlerinin yıkanarak kaybolmasına, toprak biyolojik ve enzim aktivitelerinde azalmaya yol açar. Bunların sonucunda üretimde kayıplar olur. Bu nedenle, toprak organik maddesi toprakların sürdürülebilirliği açısından oldukça önemli bir yere sahiptir (Gregorich ve ark., 1994; Campbell ve ark., 1998; Ghani ve ark., 2003). Kararsız toprak organik maddesi; çevre sağlığı ve toprak kalitesi hakkında bilgi sağlayan önemli bir göstergedir. Toplam organik maddeye kıyaslandığında tarıma, gübrelemeye, ürün rotasyonuna, aşılama ve diğer müdahalelere karşı daha hassastır. Toprak mikroorganizmalarının enerji kaynağı olması nedeniyle son yıllarda yapılan çalışmalarda önem kazanmıştır (Gregorich ve ark., 2003; Bongiovanni ve Lobartini, 2006; Heitkamp ve ark., 2009; Kolar ve ark., 2009; Laik ve ark., 2009; Ussiri ve Lal, 2017). Toprak verimliliğinin artması toprak organik maddesinin stabil hale gelmesini ve birçok durumda CO<sub>2</sub>'in toprakta tutulmasını sağlar. Organik arazi yönetimi toprakta erozyonu önlemesiyle birlikte karbon kaybını da döngü sayesinde kazanca çevirir. Özellikle; hayvan gübresi ve yeşil gübre kullanımı, kompost uygulamaları, örtü bitkileri, ürün rotasyonları ve doğrudan ekim toprak verimliliğinin artmasına neden olur. Bu nedenle organik esaslara uygun olarak yönetilen topraklar bünyelerinde önemli miktarda yüksek organik madde içerebilmektedir (Soyergin ve ark., 2010). Topraklarda artan organik madde, kurak koşullarda verimliliğin sürdürülmesine ve

düzensiz yağışlarda sellerin önlenmesine katkı sağlar. Organik madde, adeta bir sünger görevi görerek yağışlarda suyun daha fazla toprakta kalmasını sağlar. Toprağa uygulanan önemli organik madde kaynakları arasında hayvan gübresi ve kompost öne çıkar. Ancak bu kaynaklar, yetiştirme ortamında hızla oksitlendiği için atmosfere CO<sub>2</sub> olarak salınarak küresel ısınma ve iklim değişikliklerine katkıda bulunabilir. Bu nedenle organik maddelerin biokömürleştirilerek toprakta daha uzun süre tutulması, sürdürülebilir tarımın önemli bir stratejisi olarak öne çıkar. Bu yöntem, organik maddeyi karbonla zenginleştirerek daha istikrarlı ve uzun ömürlü hale getirir, böylece toprakta depolanan karbon miktarını artırırken atmosferdeki CO<sub>2</sub> seviyelerinin artmasını engelleyerek hem toprak verimliliğini artırır hem de iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlar (Ortaş, 2018). Anız, topraklarımızın en önemli organik madde kaynaklarından biri olarak kabul edilir. Ancak yakılmasının yasaklanması ve yakanlara ceza yaptırımının olmasına karşın, her yıl yaklaşık olarak 12 milyon hektar tahıl ekim alanımızın en az % 25'inde (3 milyon ha) anız yakılmaktadır. Yapılan araştırmalar, her hektar başına ortalama 3.29 ton anız miktarının olduğunu göstermektedir. Bu hesaplama sonucunda, her yıl yaklaşık olarak 10 milyon ton anızın yakıldığı ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2018). Verimli topraklarda canlılar çoğunlukla toprağın ilk 0-3 cm derinliğinde yaşamaktadır. Anız yakıldığında, özellikle toprağın ilk 0-3 cm derinliğinde bulunan mikroorganizmaların yaşamları büyük ölçüde azalır. Bu durum, toprakta karbondioksit salınımında düşüşe neden olabilir. Ayrıca organik madde toprak canlılarının önemli besin kaynağıdır ve toprak kalitesi ile verimliliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Scheffer, 1998). Anız yakılmasıyla birlikte, toprak mikroorganizmalarının aktivitesi düşer, besin maddeleri döngüsü yavaşlar ve toprak yapısı bozulabilir. Bu nedenle, anız yakmanın toprak biyolojisi ve verimliliği

üzerindeki olumsuz etkileri göz önünde bulundurularak alternatif toprak yönetimi stratejilerinin benimsenmesi önemlidir. Tarımsal ekosistemlerde toprak organik maddesi azalmasının temel nedeni karbon oksidasyonu sonucu atmosfere salınan karbondioksittir. Toprakta kaybolan bu karbonun yerine konulamaması durumunda erozyon riski artar (Grant, 1997). Organik karbon, toprağın fiziksel durumunu iyileştirerek net CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltabilir (Lal, 2006). Organik madde azalmaları doğrudan toprak strüktürünü olumsuz etkiler (Albiach vd., 2001; Kavdır vd., 2004). Organik materyallerin toprağa karıştırılması, toprak agregatlarını artırarak toprak strüktürünü geliştirir (Shiralipour vd., 1992). İyi bir toprak agregatlaşması, toprağın su ve hava iletimini, sıcaklığını, tohum çimlenmesini ve diğer özellikleri olumlu yönde etkiler (Ferrerias vd., 2000). Organik materyaller mineral topraklara göre daha düşük hacim ağırlığına ve daha büyük gözeneklere sahip olduğundan (Martin ve Stephens, 2001), bu materyallerin toprağa karıştırılması toprağın hacim ağırlığını azaltır ve gözenekliliğini artırır (Zhang, 1994; Çelik vd., 2004). Bu durum toprak yapısını daha gevşek ve suyun geçirgen olduğu bir yapıya dönüştürebilir. Bu şekilde toprak su tutma kapasitesi artar, suyun bitkiler tarafından daha iyi kullanımı sağlanır ve erozyon riski azaltılır. Bu nedenle, organik madde kaybının önlenmesi ve organik materyallerin toprağa döngüsel olarak kazandırılması, toprak sağlığını ve verimliliğini artırmak için önemli bir adımdır. Toprak materyallerinin rüzgâr tarafından taşındığı ve biriktirildiği alanlardaki arazilerin özellikleri hızla bozulmaktadır. Bu alanlarda uygun olmayan üretim teknikleri kullanılması, toprak kalitesinin düşmesine, organik madde miktarının azalmasına ve toprak strüktür stabilitesinin azalmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak, su, hava ve bitki besin maddelerinin hareketi sınırlanmakta ve bitki gelişimi olumsuz etkilenmektedir (Golchin ve ark., 1995). Bu olumsuz

etkilerin sonucunda rüzgâr erozyonu oluşmakta ve ürün kayıpları yaşanmaktadır. Toprak, hem karasal karbon depolarının bir parçasıdır hem de atmosfere salınan karbonun ana kaynaklarından biridir. Karbonun büyük bir kısmı organik karbon olarak toprakta depolandığında, atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltarak küresel ısınmayı engellemeye yardımcı olabilir (Elik ve Sakin, 2021). Toprak Organik Karbonu, toprak verimliliğinin bir göstergesi olarak kabul edilmekte ve biyosferin sürdürülebilirliği ve stabilitesinin temel bileşenlerinden biri olarak görülmektedir (Slepetiene ve Slepetys, 2005). Toprak yaklaşık olarak 1.550 Gt (Gt=10<sup>15</sup> g) organik karbon içerir. Bu miktar, karasal bitki örtüsünün iki katından fazla ve atmosferdeki karbondioksitin iki katı kadarını temsil eder (Lal, 2004). Organik karbonun toplam organik fraksiyonu; mikrobiyal biyokütle, ayrışma ve stabilizasyonun farklı aşamalarında bitki artıkları içeren organik bileşikler ve minerallerin karışımını içerir (Ciric ve ark., 2016). Organik karbon kararsız toprak organik maddesi ve hümik maddeler içermektedir. Hümik maddeler, her toprağa özgü ve uzun yıllar boyunca toprak kullanımına bağlı olarak değişmeyen, kararlı yapıda maddelerdir. Kararsız kısım; mikroorganizma, bitki ve toprak faunası kalıntılarının farklı seviyelerde parçalanması sonucu oluşan, kolayca parçalanabilen organik maddelerden oluşur. Bu bileşikler arasında karbonhidratlar, polisakkaritler, proteinler, organik asitler, aminoasitler, balmumları, yağ asitleri ve diğer spesifik olmayan bileşikler yer alır (Poirier ve ark., 2005; Strosser, 2010). Dünya yüzeyinin yaklaşık üçte birini kaplayan kurak ve yarı kurak bölgelerde toprak inorganik karbon havuzu, toprak organik karbon havuzundan yaklaşık iki ile on kat daha büyüktür. Toprak inorganik karbon birikim oranı genellikle daha yüksektir (Tan ve ark., 2014; Zhao ve ark., 2016). Bu bölgelerde organik madde miktarının az olması ve iklim koşullarının etkisi, toprak inorganik karbonun önemini

vurgulamaktadır. Bu nedenle toprak yönetimi ve sürdürülebilir tarım stratejileri, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde toprak inorganik karbonunu artırmaya yönelik olmalıdır. Toplam organik karbon kalitesi ve miktarı, küresel karbon dengesinde önemli bir rol oynar. Karasal ekosistemler, atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarını etkileyerek atmosferik karbon birikimini ve solunum yoluyla salınımını düzenleme kapasitesine sahiptir. Toprakta atmosfere CO<sub>2</sub> salınımının artması, küresel iklim değişikliğini hızlandırabilir ve bu süreçte kararsız toprak organik karbon fraksiyonlarının etkisi olduğu düşünülmektedir (Zou ve ark., 2005; Ciric ve ark., 2016). Toprak nemi ve değişimleri altında, topraktaki inorganik azot havuzlarının oranlarındaki değişim, toprak organik karbon dinamiğinin doğasını etkileyebilir. Bu, toprak organik karbonunun mikrobiyal immobilizasyon hızı, amonyaklaşma ve nitratlaşma işlemleri ile ilişkili stokiyometrik oranlarının bir sonucu olabilir. Organik karbonun artması hassas yarı kurak çevrelerde, toprak tahribatını azaltmak ve toprak bitki örtüsünü ve organik maddeyi artırmak, daha dayanıklı ve iklime uyumlu toprak yapıları oluşturarak iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha dirençli olmalarını sağlayabilir (Zornoza ve Munoz, 2017). Arid tropik bölgelerde bozulmuş toprakların yeniden verimliliğini artırmak için kullanılan tekniklerin tarımsal üretkenliği artırabildiği gözlemlenmiştir. Etopyanın en bozuk topraklarının bulunduğu bölgelerde yapılan çalışmalarda, kompost uygulamaları ve ürün rotasyonlarıyla tarımsal verimliliğin önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Bu tür toprak verimliliği restorasyonu, mineral gübre uygulamalarına kıyasla daha yüksek verim elde edilmesini sağlamıştır (Edwards, 2007). Bu sonuçlar, bozulmuş ve verimsiz toprakların, uygun yöntemlerle ve uygulamalarla restore edilebileceğini ve bu sayede tarımsal üretkenliğin artırılabilirliğini göstermektedir. Toprak verimliliğinin yeniden oluşturulması, sürdürülebilir tarım uygulamalarının ve

doğal kaynak yönetiminin önemini vurgulamaktadır. Bu tür çalışmalar, arid bölgelerde tarımın ve gıda üretiminin sürdürülebilirliğini desteklemek adına önemli bir adımdır. Genelde bitki-toprak dengesi içinde karbonun topraktan atmosfere salınımı, atmosferde fotosentez yoluyla elde edilen karbonla genellikle dengededir ve bu dengenin iklim koşullarına göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Ancak etkili bir toprak yönetimi sayesinde toprağa tutulan karbonun uzun süreli bir şekilde muhafaza edilmesi mümkündür. Toprak-bitki yönetimi ile toprakta karbon tutulmasının teşvik edilmesi sürdürülebilir tarım ve yaşam için çok önemli bir stratejidir (Ortaş ve Lal, 2012). Karbonun topraktan atmosfere salınımı, atmosferde fotosentez yoluyla elde edilen karbonla genellikle dengededir ve bu dengenin iklim koşullarına göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Ancak etkili bir toprak yönetimi sayesinde toprağa tutulan karbonun uzun süreli bir şekilde muhafaza edilmesi mümkündür. Toprak-bitki yönetimi yaklaşımı, toprağa bağlanan karbonun uzun süreli birikimini teşvik ederek sürdürülebilir tarım ve yaşam için önemli bir strateji olarak kabul edilir. Tarım toprakları tutulan karbonun biyokütle ürünlerine ve toprak organik maddesine dönüştürülmesiyle, CO<sub>2</sub> açısından bir havuz durumundadır. Amerika’da dokuz farklı tarım sisteminin kıyaslandığı çalışmalarda uygulanan tarım sistemlerine göre karbon tutulma oranlarının önemli düzeyde farklılık gösterdiği ve toprak organik karbon konsantrasyonunun organik sistemde geleneksel sistemden %14 daha fazla olduğu bildirilmiştir (Marriott ve Wander, 2006). Bioçar gibi karbonca zenginleştirilmiş materyaller; toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilirliği gibi toprağa stabil karbon girdisi sağlaması yönüyle toprağın organik madde miktarını artırması, topraktaki organik karbonun ayrışmasını yavaşlatması ayrıca CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub>O gibi çeşitli sera gazı yayılımlarını düşürerek küresel ısınmayı önlemesi,

biyoenerji üretilmesi, atıkların değerlendirilmesi ve toprak verimliliğinin artırılması gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Ortaş, 2018). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; toprağın yumuşaklığı ve sertliği, nemi, sıcaklığı, pH'sı mevcut C ve N içeriği toprağın CO<sub>2</sub> üretimini ve salınımını etkilemektedir (Wildung ve ark., 1975). Toprak karbon içeriğinde ahır gübresi ile yapılan uygulamaların en fazla artışı sağladığı bildirilmektedir (Cantab, 2009). Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının atıkları en önemli organik madde kaynaklarıdır. Aynı zamanda çok önemli bitki besin elementi varlığıdır. Türkiye hayvan varlığı göz önüne alındığı zaman 87 milyon ton olgun gübre üretilebilir ve 3 milyon hektar alanda yetiştirilen bitkilerin verim ve kalite artışı sağlanabilir. Çeşitli nedenlerden dolayı kaynaklar doğru ve etkin bir şekilde kullanılamamaktadır (Anonim, 2018). Çoğunlukla kontrolsüz yığınlar halinde biriktirilen hayvansal atıklar, tarımsal alanlarda anaerobik ve uzun süren ayrıştırma işlemi sonrasında organik gübre olarak kullanılmaktadır. Sera gazlarından biri olan metan açığa çıkaran kontrolsüz anaerobik yığınlar küresel ısınmanın sorumlusu olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda uzun süren ayrışma ve yıkanma yoluyla bitki besin elementleri kaybolmakta ve mikrobiyolojik dezenfeksiyon sağlanamamaktadır. Bu durum gübre etkinliğini azaltmakla birlikte çevre kirliliğine de neden olmaktadır. Faydaları kadar çevresel zararların önlenmesi için hayvansal atıklardan biyogaz, biyogazdan enerji ve arta kalan maddelerden de organomineral gübre elde edilmesi iyi bir atık yönetimi olarak görülmektedir (Anonim, 2018). Kentsel organik atıklar (meyve veya tohumları alınmış bitki sap ve artıkları, park ve bahçelerde dökülen ağaç yaprakları, biçilen çim artıkları, budama artıkları, sera üretim artıkları, bozulmuş yem, saman ve silaj artıkları) “kompost” yapılarak topraklara uygulanabilir. Bitkisel üretim sonrasında yaklaşık 12,8 milyon ton organik atık ve kişi başına günde 1.5 kg çöp

oluşan ülkemizde nüfusumuzun 80 milyona yakın olduğu düşünülürse yılda yaklaşık 22 milyon ton organik atıktan da 11 milyon ton kaliteli kompost üretilebilir. Bu çöpün yarısının organik karakterli olduğu da düşünüldüğünde kentsel atıkların çoğunluğunun ziyan olduğu görülmektedir. Bu atıklardan elde edilen kompost; topraklara uygulanarak toprak organik maddesi artırılarak toprak sağlığının korunması ya da verimliliğinin iyileştirilmesi yanında toprağın su tutma kapasitesinin artmasıyla sağlanacak su tasarrufu ve içerdiği besin elementleri nedeniyle kimyasal gübre kullanımının azalacak olması önemli ölçüde ekonomik kazanç da sağlayacaktır (Anonim, 2018). Son yıllarda topraklarda organik maddenin artırılması amacıyla arıtma çamurlarının topraklara uygulanması konusunda birçok çalışma yürütülmektedir. Arıtma çamuru; kendiliğinden çökelebilen katı maddeler ile biyolojik ve kimyasal işlemler sonucunda çökebilir ve yüzdürülebilir hale getirilen katı maddelerin atık sudan ayrılmasıyla oluşmaktadır. Arıtma çamurlarının çevreyle uyumlu şekilde yok edilmesi büyük önem taşır. Organik kaynakların yetersiz veya sınırlı olduğu kaynakların olması halinde, atık su arıtma çamurlarının kullanılması iyi bir alternatif olarak düşünülmelidir (Aşık ve Katkat, 2010; Aşık ve ark., 2016). Organik madde kaynağı olarak yeşil gübreleme de oldukça önemlidir. Baklagillerle toprağa fikse edilen azot miktarı yılda 70-300 kg ha<sup>-1</sup>'dir. Yeşil gübrelemede yonca, fiğ, üçgül gibi yem bitkileri öne çıkan bitkiler olarak dikkat çekmektedir. Tahıl-nadas sisteminin uygulandığı organik maddenin az olduğu kurak alanlarda yapılan 3-5 yıllık ekim nöbeti sistemlerinin (özellikle üçgül türlerinin bulunduğu) topraktaki organik madde ile azot oranını her geçen yıl arttırdığı belirlenmiştir. Leonardit; bitki ve hayvan artıklarının tarih öncesinde göl ve bataklıklar gibi sucul ortamlarda çökelerek basınç, sıcaklık ve anaerobik koşullarda volkanik hareketlerin de etkisiyle milyonlarca yıl parçalanıp bozulması sonucu oluşan, humifikasyon, oksidasyon

ve başkalaşım sonucu tabakalaşmış killi organik sedimanter bir kayadır. Linyit yatakları potansiyel bir leonardit kaynağıdır. Leonardit yüksek humik asit içeriğine sahiptir. Sıvı humik asitin bir litresi 8 ton hayvan gübresine, 1 kg katı humik asit ise 30 ton hayvan gübresine eşdeğerdir. Bu nedenle leonardit toprak ıslah edici ve organik gübre olarak çoğunlukla tarımda kullanılmaktadır. Küresel ısınma sürecinde organik madde eklemesi için en önemli yöntemlerden biri solucan gübresi, yani vermikompost kullanımınıdır. Solucan gübresi, toprağı humus bakımından zenginleştirirken aynı zamanda toprak yapısını düzeltir, su tutma kapasitesini ve hava geçirgenliğini artırarak sera gazı etkilerini azaltır. Bu nedenle geri dönüşümü teşvik etmek ve sürdürülebilirlik sağlamak açısından büyük önem taşır. Solucan gübresi, solucanların dışkılarından elde edilir ve solucanların sindirim sisteminden geçen sölom adı verilen vücut sıvısı, bitkilerin patojenlere karşı bağışıklık geliştirmesine yardımcı olur. Organik atıklardaki mikro besin elementleri, solucanların sindirim sistemi tarafından doğal bir şekilde şelatlanır ve solucan dışkısında bulunan bu besinler bitkiler tarafından kolayca emilir. Aynı zamanda solucan gübresi, mikroorganizmalar, enzimler, bitki besin elementleri ve sölom sıvısı sayesinde toprağı organik madde açısından zenginleştirir, pH seviyesini dengeler ve biyolojik yapısını olumlu yönde etkiler (Abacıoğlu ve ark., 2020). Vermikompostun bu özellikleri ve doğal ekosistemlere zarar vermemesi nedeniyle hem Türkiye'de hem de dünya genelinde kullanımı artmaktadır. Organik tarım yapılan her alanda kullanılabilmesi, solucan gübresini tercih edilen bir seçenek haline getirmektedir.

### 3. Sonuç ve Öneriler

İnsanoğlu, toprak ve çevre üzerindeki en büyük değişim mühendislerinden biri haline gelmiştir. Başka hiçbir organizma insanlar gibi, serbestlik derecesini bu kadar büyük ölçüde değiştirmemiştir. Toprakta karbon

depolanması, ekolojik süreçlerin etkileşiminden kaynaklanan hayati bir ekosistem hizmetidir. Bu süreçleri etkileyen insan faaliyetleri karbon kaybına veya depolanmanın iyileşmesine yol açabilir. Gerçekte, insanlar ılıman geniş yapraklı bitki örtüsünün % 80'ini ve tropik ormanların % 25 ile % 46'sı arasında değiştirmiş durumdadır. Ormanlar ve topraklar arasındaki bağlantı, özellikle geçmiş insan toplumlarının çöküşüne neden olan faktörlere bakıldığında açıkça görülmektedir. Var olan örneklerin çoğu, her toplumun kaynakların aşırı kullanımı nedeniyle toprağın kimyasal, biyolojik veya fiziksel özelliklerini değiştirmesinin bir sonucudur. Bugün, çevresel konulara ilişkin birçok soru sorulmaktadır. Arazi kullanımı değişikliklerinin etkilerini nasıl tespit edebileceğimizi, izleyebileceğimizi veya ölçebileceğimizi veya arazi parçalarının farklı bitki örtüsü topluluklarına dönüşümünün çevremiz üzerindeki etkileri ne olacaktır. Yanlış arazi kullanım faaliyetlerinin ardından, iklimde önemli bir değişiklik, mega kuraklık veya aşırı yağışlarla sonuçlanan ve kayıtlarda yerini almış olan; birkaç toplumsal çöküş örneği tamamen insanın toprağı davranışıyla bağlantılıdır (Wild, 1993; Hannah ve ark., 1995). Toprak organik karbonu, karasal ekosistemlerin işleyişi üzerinde önemli etkileri olan toprağın hayati bir bileşenidir. Toprakta karbon depolanması, fotosentez, ayrışma ve toprak solunumu gibi dinamik ekolojik süreçler arasındaki etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Son 150 yıldaki insan faaliyetleri, bu süreçlerde değişikliklere ve sonuç olarak toprak karbonunun tükenmesine ve küresel iklim değişikliğinin şiddetlenmesine yol açmıştır. Ancak bu insan faaliyetleri aynı zamanda karbonun toprağı geri kazandırılması için de bir fırsat sunmaktadır. Gelecekteki ısınma ve yüksek CO<sub>2</sub>, geçmiş arazi kullanım modelleri ve arazi yönetim stratejileri ile birlikte peyzajların fiziksel heterojenliğinin topraktaki karbon (SOC) kapasitesinin karmaşık modellerini üretmesi beklenmektedir (Ontl ve Schulte, 2012).

Günümüzde toprak kalitesinin en önemli göstergelerden biri olan toprak organik maddesinin önemi tam olarak anlaşılammıştır. Çiftçiler toprak organik maddesinin öneminin, topraklarında gübre olarak kullanabilecekleri bitkisel ve hayvansal organik madde kaynaklarının ve kullanımlarının tam olarak farkında olmalıdır. Kompost, topraktaki önemli bir organik madde kaynağıdır ve bunun elde edilmesine yönelik uygulamalar, onun sağlıklı ve faydalı olacağı şekilde olmalıdır. Hibrit sistemler kullanılarak kaliteli ve yasal kompost üretilmesi olumlu sonuçlar doğuracaktır. Tarımsal atıklardan buğday, arpa, mısır, ayçiçeği gibi artıklarının hasat sonrası anızlarının yakıldığı bilinmektedir. Yangın sırasında sıcaklığın çok yükselmesi nedeniyle topraktaki faydalı mikroorganizmalarla birlikte toprak yüzeyini kaplayan organik kalıntılar da yanmaktadır. Bunun sonucunda bazı elementler bitkilerin yararlanamayacağı forma dönüşmekte ve böyle tarlalarda yetişen ürünlerde makro ve mikro besin elementi noksanlığı görülmektedir. Ayrıca uzun vadede organik maddenin azalmasıyla toprağın fiziksel yapısı bozulacağından tohumların çimlenmesi ve çıkışı aynı zamanda bitkilerin sağlıklı şekilde büyümesine de engel olunacaktır (Konakçı ve Pak, 2016). Özellikle kurak bölge tarım topraklarında anız yakılması organik madde miktarını hızla azaltacağından karbon/azot oranı olumsuz yönde etkilenecektir. Aynı zamanda toprakta organik maddenin azalmasıyla toprağın su tutma kapasitesi azaltmakta ve tohum çıkışında azalma görülmektedir. Anız yakma tarlayı bitki örtüsüz bırakacağından toprak doğrudan rüzgâr ve yağmur damllarına açık olacak ve verimli toprak rüzgâr ve su erozyonu sonucu taşınarak yok olacaktır. Böylece daha fazla gübrelemeye ve sulamaya ihtiyaç duyulacaktır. Toprak kökenli zararlı ve hastalıklarda artış görülecektir. En önemlisi de anız yakmayla mevsim boyunca atmosferden bitki dokusuna bağlanan karbondioksit, toprakta depolanıp zararsız hale gelecekken en yüksek hızla tekrar

atmosfere geri verilecektir. Bu da karbondioksiti küresel ısınmadan birinci derecede sorumlu olan gaz haline dönüştürecektir. Toprak işlemsiz tarım olarak da bilinen doğrudan ekim sisteminde, hasattan sonra hiçbir toprak işleme yapılmadan ekim doğrudan anız üzerine yapılır (Aykas ve ark., 2005). Ayrıca sistemin olmazsa olmazlarından olan ekim nöbeti (münavebe) de yabancı ot mücadelesinde oldukça etkindir. Doğrudan ekimle anız yakılması ve toprağın sıkışması ve kaymak tabakası oluşması önlenmiş olur. Suyun toprağa giriş hızı ve miktarını artırır. Buharlaşma ve yüzey akışla su kaybını azaltır. (Korucu ve ark., 1998; Aykas ve ark., 2005). Çimlenme ve çıkışı artırır. Yağmurun toprağa doğrudan şiddetini engellediği için toprakların erozyonla taşınmasını azaltır. Rizosferde biyolojik aktiviteyi artırarak toprak yapısını iyileştirir. Bitkiyi sıcaklık stresinden korur (Arisoy, 2023). İnorganik maddeye dönüşüm hızını yavaşlatarak toprakta organik madde artışını sağlar (Grandy ve Robertson, 2007). Toprakta çok daha fazla karbon tutulmasını ve daha az karbondioksit emisyonuna sebep olur (Grandy ve ark., 2006; Blanco-Canqui ve Lal, 2007). Daha az tarla trafiği olacağından atmosfere fosil yakıt salınımını azaltacaktır. Biokömür (biyoçar) kullanımı toprak organik madde düzeyinin yükseltilmesi ve toprak canlılarının aktivitelerinin artırılması için dikkat çekici bir uygulama olarak görülmektedir. Ancak, oldukça yeni olan bu konuda daha çok sayıda ve uzun süreli çakılı denemeler yapılması gereklidir (Ortaş, 2018). Toprak, iklim, bitki ve gübre özellikleri dikkate alınmadan, toprak ve bitki analizlerine dayalı, sera/tarla denemeleri ile kalibrasyon çalışmalarına uygun olarak yapılmayan yanlış gübreleme hem gübre etkinliğinin düşmesine hem de çevre kirlenmesine neden olmaktadır (Yıldız, 2012). Toprak organik karbonu, karasal ekosistemlerin işleyişi üzerinde önemli etkileri olan toprağın hayati bir bileşenidir. Topraklarda karbon depolanması, fotosentez, ayrışma ve toprak

solunumu gibi dinamik ekolojik süreçler arasındaki etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Son 150 yıldaki insan faaliyetleri, bu süreçlerde değişikliklere ve sonuç olarak toprak organik karbonunun (SOC) tükenmesine ve küresel iklim değişikliğinin şiddetlenmesine yol açmıştır. Ancak bu insan faaliyetleri aynı zamanda karbonun toprağa geri kazandırılması için de bir fırsat sunmaktadır. Gelecekteki ısınma ve yüksek CO<sub>2</sub>, geçmiş arazi kullanım modelleri ve arazi yönetim stratejileri ile birlikte peyzajların fiziksel heterojenliğinin topraktaki karbon kapasitesinin karmaşık modellerini üretmesi beklenmektedir. Toprak, geçtiğimiz yüzyıllarda organik maddesini kaybetmiştir. Topraklara organik madde eklemek, geçmişteki toprak karbon seviyelerini geri kazanmak ve toprak özelliklerini iyileştirmek için uygulanan yönetim uygulamalarından biridir. İklim değişikliğiyle mücadele için teşvik edilen uygulamalardan biri de toprak organik maddesinin artırılmasıdır. Bununla birlikte, toprağa organik kalıntıların eklenmesi CO<sub>2</sub> salınımını kolaylaştırabilir ve atıkların toprak özellikleri (yani kirlilik) üzerinde de olumlu etkileri olmayabilir. Bu anlamda önemli olan: (a) toprağa eklenen organik maddenin beklenen etkisinin ne olduğunu bilmek; (b) bu uygulamanın toprak işlemlerini nasıl değiştirdiği; (c) uygulanması gereken yönetim uygulamaları nelerdir; (d) toprak tarafından tutulan gerçek karbon miktarı ne kadardır ve (e) Organik maddenin uygulanmasından sonraki kısa ve uzun dönemdeki bakiye. Yeterli strateji, orta ve uzun süre göz önünde bulundurularak biyolojik olarak stabilize edilmiş toprak organik maddesinin artırılmasını desteklemek olmalıdır. Ancak stratejilerin yerel çevre koşullarına uyarlanması gerekmektedir. Kaliteli su, hava ve toprak verimliliğinin sağlanması açısından toprak karbonunun artırılması ve toprakta tutulması gerekir. Çünkü topraktaki karbon, kuraklığı ve sel oluşunu engellerken aynı zamanda bitki hastalık ve zararlılarını da

baskı altında tutar. Bizler de karbondan oluşmuşuz ve toprak organik karbonu gibi karbon döngüsünün bir parçasıyız. Bu derleme, özellikle organik maddeyi göz önünde bulundurarak, insan ve toprak arasındaki yakın ilişki hakkında genel bir bakış sunmaktadır. Küresel ısınmada hem insanlar hem de topraklar belirleyici bir role sahiptir ve asıl rolü karbondur. Yüzeyledeki bir regolit, konsolide olmayan kaya ve toz, organik/biyolojik bileşikler içerdiğinde toprağa dönüşür. Toprakta bahsettiğimizde eser düzeyden % 30'a kadar organik madde içeren mineral topraklarda bile organik maddenin varlığının onun özü olduğunu düşünmeliyiz (Bot ve Benites, 2005). Farklı organik kaynaklı atıkların farklı miktarları veya oluşturma yöntemlerinin sayısı artırılarak sera ve tarla çalışmalarında elde edilen sonuçların güçlendirilmesi gerekir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, toprak verimliliğinin ve organik madde miktarının artırılmasıyla ilgili uygulamalarda teşvikleri artırmalı, sürdürülebilir tarım yöntemlerinin uygulanması ve yaygınlaştırılması yönünde daha etkin ve aktif olmalıdır.

### **Yazarların Katkı Beyanı**

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### **Açıklama**

Bu çalışmanın özeti ICANAS 2021 kongre özet kitabında yayınlanmıştır.

### **Kaynaklar**

Abacıoğlu, E., Yatgın, S., Tokel, E., Yücesoy, P., 2020. Vermikompostun (solucan gübresi) üretimi ve bitki beslemesindeki önemi. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 3(1): 1-10.

- Anonim, 2018. Organomineral Gübre Çalıştayı Bildiriler Kitabı. Yönetici Özeti, (1. Baskı), İstanbul.
- Anonim, 2023. İklim Değişikliği ve Tarım. (<http://climatechange.boun.edu.tr/iklim-degisikligi-ve-tarim/>), (Erişim Tarihi: 08.05.2023).
- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F., Ingelmo, F., 2001. Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendment to a horticultural soil, *biores. Technology*, 76: 125–129.
- Arevalo, C., Bhatti, J., Chang, S., Sidders, D., 2009. Ecosystem carbon stocks and distribution under different land-uses in North Central Alberta, Canada. *Forest Ecology and Management*, 257(8): 1776-1785.
- Arıkan, Y., 2016. İklim değişikliği ve teknoloji uygulamaları. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı. ([https://recturkey.files.wordpress.com/2016/11/adanzye\\_iklim\\_degisikligi\\_basu\\_curehberi.pdf](https://recturkey.files.wordpress.com/2016/11/adanzye_iklim_degisikligi_basu_curehberi.pdf)), (Erişim Tarihi: 08.05.2023).
- Arısoy, R.Z., 2023. Doğrudan ekim sistemi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Konya, 8. (<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/bahridagdas/Belgeler/Teknik%20Bilgiler/dogrudan%20ekim%20sistemi.pdf>), (Erişim Tarihi: 08.05.2023).
- Aşık, B.B., Katkat, A.V., 2010. Evaluation of waste water sludge for possible agricultural use. *Environmental Engineering and Management Journal*. 9(6): 819-826.
- Aşık, B.B., Aydınalp, C., Şağban F.O.T., Katkat, A.V., 2016. Agricultural use of waste water sludge from various sources with special emphasis on total and DTPA-extractable heavy metal content. *Environment Protection Engineering*, 42(1): 45-58.
- Aydemir, O., İnce, F., 1988. Bitki Besleme. Dicle Üniversitesi. Eğitim Fakültesi Yayınları. No: 2.
- Aykas, E., Yalçın, H., Çakır, E., 2005. Koruyucu toprak işleme yöntemleri ve doğrudan ekim. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(3):195-205.
- Bayraç, N., 2010. Enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi ve önleyici politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 11(2): 229-259.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R., 2007. Regional assessment of soil compaction and structural properties under no-till farming. *Soil Science Society of America Journal*, 71:1770-1778.
- Bongiovanni, M., Lobartini, J., 2006. Particulate organic matter, carbohydrate, humic acid contents in soil macro and microaggregates as affected by cultivation. *Geoderma*, 136(3-4): 660-665.
- Bot, A., Benites, J., 2005. The importance of soil organic matter; FAO: Rome, Italy, p. 94.
- Caldeira, K., Wickett, M., 2003. Oceanography: Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature*, 425(6956): 365.
- Campbell, C., Biederbeck, V., McConkey, B., Curtin, D., Zentner, R., 1998. Soil quality-effect of tillage and fallow frequency. Soil organic matter quality as influenced by tillage and fallow frequency in a silt loam in Southwestern Saskatchewan. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(1): 1-7.
- Cantab, G.A., 2009. Soil carbon and organic farming. Soil Association.
- Ciric, V., Belic, M., Nesic, N., Šeremesic, S., Pejic, B., Bezdán, A., Manojlovic M., 2016. The sensitivity of water extractable soil organic carbon fractions to land use in three soil types. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(12): 1654- 1664.



- Çelik, I., Ortaş I., Kılıç, S., 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*, 78(1): 5967.
- ÇEM, 2018. “Toprak organik karbonu projesi, teknik özet”, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Díaz-Hernandez, J., 2010. Is soil carbon storage underestimated? *Chemosphere*, 80(3): 346-349.
- Edwards, S., 2007. The impact of compost use on crop yields in Tigray, Ethiopia. Institute for Sustainable. (<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/ai434e/ai434e00.pdf>), (Erişim Tarihi: 08.05.2023).
- Elik, N., Sakin, E., 2021. Toprağa uygulanan farklı nem ve biyoçarın CO<sub>2</sub>-C Emisyonuna Ve NO<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub> İçeriğine Etkisi. *Adyütayam*, 9(1): 1-12.
- Ferreras, L.A., Costa, J.L., Garcia, F.O., Pecorari, C., 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded petrocalcic paleudoll of the Southern Pampa of Argentina, *Soil and Tillage Research*, 54: 31–39.
- Ghani, A., Dexter, M., Perrott, K., 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, Grazing and Cultivation. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(9): 1231-1243
- Golchin, A., Clarke, P., Oades, J.M., Skjemstad, J.O., 1995. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils, *Australian Journal of Soil Research*, 33: 975-993.
- Grandy, A.S., Loecke, T.D., Parr, S., Robertson, G.P., 2006. Long-term trends in nitrous oxide emissions, soil nitrogen, and crop yields of till and no-till cropping systems. *Journal of Environmental Quality*, 35(4): 1487-1495.
- Grandy, A.S., Robertson, G.P., 2007. Land-use intensity effects on soil organic carbon accumulation rates and mechanisms. *Ecosystems*, 10(1): 59-74.
- Grant, R.F., 1997. Changes in soil organic matter under different tillage and rotation: Mathematical modelling in Ecosys. *Soil Science Society of America Journal*, 61: 1159–1175.
- Gregorich, E., Carter, M., Angers, D., Monreal, C., Ellert, B., 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 74(4): 367-385.
- Gregorich, E.G., Beare, M.H., Stoklas, U., St-Georges, P., 2003. Biodegradability of soluble organic matter in maize-cropped soils. *Geoderma*, 113: 237–252.
- Gupta, R., Rao, D., 1994. Potential of wastelands for sequestering carbon by reforestation. *Current Science*, 378-380.
- Güler, E.Ö., Börüban, C., 2019. Tarımsal üretimin ve ölçek etkisinin çevre kirliliği üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28(3):1-11.
- Güzel, N., 1982. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 168.
- Han, X., Gao, G., Chang, R., Li, Z., 2018. Changes in soil organic and inorganic carbon stocks in deep profiles following cropland abandonment along a precipitation gradient across the Loess Plateau of China. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 258: 1-13.
- Hannah, L., Carr, J.L., Landerani, A., 1995. Human disturbances and natural habitat: A biome level analysis of a global data set. *Biodiversity and Conservation*, 4: 128-155.
- Halvorson, A., Wienhold, B., Black, A., 2002. Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil science society of America journal*, 66(3): 906-912.

- Heitkamp, F., Raupp, J., Ludwig, B., 2009. Impact of fertilizer type and rate on carbon and nitrogen pools in a sandy cambisol. *Plant and Soil*, 319(1-2): 259-275.
- Houghton, R.A., 2007. Balancing the global carbon budget. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35: 313-347.
- Hoorweg, D., Bhada-Tata, P., 2012. What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management.
- İlik, L., 2019. Farklı gübre çeşitlerine uygulanan nitrifikasyon inhibitörünün topraktan n<sub>2</sub>o salınımını azaltma etkinliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Jeong, J., Kim, C., Lee, K., Bolan, N., Naidu, R., 2013. Carbon storage and soil CO<sub>2</sub> efflux rates at varying degrees of damage from pine wilt disease in red pine stands. *Science of the Total Environment*, 465: 273-278.
- Johnson, A., White, N., 2014. Ocean acidification: The other Climate Change Issue. *American Scientist*, 102(1): 60-63.
- Kacar, B., Katkat, A.V., 2009. Gübreler ve Gübreleme Tekniği, (III. Baskı). Nobel Yayın No: 1119, Ankara.
- Kantarci, M.D., 2009. Isınma ve kuraklaşma sürecinde iç anadolu iklim değişikliği ve ormanların, ağaçlandırmaların ve rüzgâr perdelerin önemi. *1. Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu*, Kongre Bildiriler Kitabı, 16-18 Haziran, Konya, s.155-162.
- Kavdır, Y., Özcan, H., Ekinci, H., Yüksel, O., Yigini, Y., 2004. The Influence of clay content, organic carbon and land use types on soil aggregate stability and tensile strength. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28: 155-162.
- Kayıkçıoğlu, H.H., Okur, N., 2012. Sera gazı salınımlarında tarımın rolü. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 25-38.
- Kolar, L., Kuzel, S., Horacek, J., Cechova, V., Borova-Batt, J., Peterka, J., 2009. Labile fractions of soil organic matter, their quantity and quality. *Plant, Soil and Environment*, 55(6): 245-251.
- Konakçı, M.E., Pak, Ö., 2016. Karbon, toprak – küresel ısınma. Sakarya Ticaret Borsası, No: 56.
- Konca, Y., Uzun, O., 2012. Effect of animal waste on soil and environment/Hayvansal gübrelerin toprak ve çevre üzerine olan etkileri. *4th Congress of Soil Scientists of Azerbaijan*, Kongre Bildiriler Kitabı, 23-25 Mayıs, Bakü.
- Korucu, T., Kirişçi, V., Görücü, S., 1998. Korumalı toprak işleme ve Türkiye'deki uygulamaları. *Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi*. Kongre Bildiriler Kitabı, 17-18 Eylül, Tekirdağ, s.321-333.
- Kütük, C., Çaycı, G., 2010. Tavuk dışıklarının organik gübreye dönüştürülme yöntemleri. *Kümes Hayvanları Kongresi*, Kongre Bildiriler Kitabı, 07-09 Ekim, Kayseri.
- Laik, R., Kumar, K., Das, D., Chaturvedi, O., 2009. Labile soil organic matter pools in a calciorthent after 18 years of afforestation by different plantations. *Applied Soil Ecology*, 42(2): 71-78.
- Lal, R., 2004. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. *Geoderma*, 123(1-2): 1-22.
- Lal, R., 2006. Carbon management in agricultural soils. *Journal of the Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12: 303-322.
- Lal, R., 2008. Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492): 815-830.
- Marriott, E.E., Wander, M.M., 2006. Total and labile soil organic matter in organic and conventional farming systems. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 950-959.
- Martin, P.J., Stephens, W., 2001. The Potential for Biomass Production on Restored Landfill Caps (ed: M.J. Bullard, D.G. Christian, J.D. Knight, M.A. Lainsbury, S.R. Parker) *Aspects of Applied Biology*, pp. 337-344.

- Oelkers, E.H., Cole, D.R., 2008. Carbon dioxide sequestration: a solution to the global problem. *Elements*, 4: 305-310.
- Ontl, T.A., Schulte, L.A., 2012. Soil carbon storage. *Nature Education Knowledge* 3(10): 35.
- Ortas, İ., Lal, R., 2012. Long-term phosphorus application impacts on aggregate-associated carbon and nitrogen sequestration in a vertisol in the Mediterranean Turkey. *Soil Science*, 177(4): 241-250.
- Ortaş, İ., 2018. Bioçar'ın toprak kalitesi ve bitki gelişimi üzerine etkileri. *Organomineral Gübre Çalıştay*, Bildiriler Kitabı, Mayıs, İstanbul, s. 53-68.
- Parlakay, O., Çelik, A.D., Kızıltuğ, T., 2015. Hatay ilinde tarımsal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2):17-26.
- Poirier, N., Sohi, S., Gaunt, J., Mahieu, N., Randall, E., Powlson, D., Evershed, R., 2005. The chemical composition of measurable soil organic matter pools. *Organic Geochemistry*, 36(8): 1174-1189.
- Scheffer, F., Schachtschabel, P., 1998. Lehrbuch der Bodenkunde. No: 491.
- Schumacher, B. A., (2002). Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. United States Environmental Protection Agency Environmental Sciences Division National Exposure Research Laboratory.
- Şensoy, S., Türkoğlu, N., Akçakaya, A., Ulupınar, Y., Ekici, M., Demircan, M., Atay, H., Tüvan, A., Demirbaş, H., 2013. *Trends in Turkey Climate Indices From 1960 to 2010, 6th Atmospheric Science Symposium*, 24-26 April, İstanbul.
- Shiralipour, A., Mc Connell, W., Smith, W.H., 1992. Physical and chemical properties of soil as affected by municipal solid waste compost application, *Biomass Bioenergy* 3: 195–211.
- Singh, G., Abrol, I., Cheema, S., 1988. Agroforestry on alkali soil: effect of planting methods and amendments on initial growth, biomass accumulation and chemical composition of mesquite (*Prosopis juliflora* (SW) DC) with inter-space planted with and without karnal gras. *Agroforestry Systems*, 7(2): 135-160.
- Slepetiene, A., Slepetys J., 2005. Status of humus in soil under various long-term tillage systems. *Geoderma*, 127(3-4): 207-215.
- Soyergin, S., Uysal, E., Yalçınkaya, E., 2010. Organik meyve yetiştiriciliğinde toprak karbon içeriğindeki değişimler. *Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu*, Kongre Bildiriler Kitabı, 28 Haziran-1 Temmuz, Erzurum.
- Strosser, E., 2010. Methods for determination of labile soil organic matter: an overview. *Journal of Agrobiolology*, 27(2): 49-60.
- Şahin, G., Avcıoğlu, O.A., 2016. Tarımsal üretimde sera gazları ve karbon ayak izi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(3): 157-162.
- Tan, W., Zhang, R., Cao, H., Huang, C., Yang, Q., Wang, M., Koopal, L., 2014. Soil inorganic carbon stock under different soil types and land uses on the loess Plateau region of China. *Catena*, 121: 22-30.
- TUİK, 2023. Seragazı Emisyon Envanteri (1990-2021) Haber Bülteni. (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49672&dil=1>), (Erişim Tarihi: 08.05.2023).
- Ussiri, D.A., Lal, R., 2017. Carbon sequestration for climate change mitigation and adaptation. Cham: Springer International Publishing.
- Uzel, G., Gürlük, S., 2014. Türkiye'nin tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarındaki durumu. *XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*, Kongre Bildiriler Kitabı, 3-5 Eylül, Samsun, s. 200-206.
- Wild, A., 1993. Soils and the environment: An introduction. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Wildung, R.E., Garland, T.R., Buschom, R. L., 1975. The interdependent effects of soil temperature and water content on soil respiration rate and plant root decomposition in arid grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 7: 373–378.
- Wolf, K., 2000. The fertile triangle. Food Products Press, NewYork.
- Yadav, J., Singh, K., 1970. Tolerance of certain forest species to varying degree of salinity and alkali. *Indian Forester*, 96(8): 587-599.
- Yıldız, N., 2012. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Eser ofset matbaacılık, Erzurum.
- Yıldız, N., 1996, Tarımsal faaliyetlerin çevre kirliliği üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 27(2).
- Zeebe, R., Zachos, J., Caldeira, K., Tyrrell, T., 2008. Carbon emissions and acidification. *Science*, 321(5885): 51-52.
- Zhang, H., 1994. Organic matter incorporation affects mechanical properties of soil aggregates. *Soil and Tillage Research*, 31: 263-275.
- Zhao, W., Zhang, R., Huang, C., Wang, B., Cao, H., Koopal, L., Tan, W., 2016. Effect of different vegetation cover on the vertical distribution of soil organic and inorganic carbon in the Zhifanggou Watershed on the Loess Plateau. *Catena*, 139: 191-198.
- Zornoza, R., Munoz, M., 2017. Soil Management and Climate Change: Effects on Organic Carbon, Nitrogen Dynamics, and Greenhouse Gas Emissions. Academic Press.
- Zou, X., Ruan, H., Fu, Y., Yang, X., Sha, L., 2005. Estimating soil labile organic carbon and potential turnover rates using a sequential fumigation–incubation procedure. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(10): 1923-1928.

---

**Atf Şekli:** Dizikısa, T., Yıldız, N., 2023. İklim Değişikliğini Tolere Etmede Farklı Organik Gübrelerin Toprak Özelliklerine Etkisi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(Özel Sayı): 1049–1068.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10026903>.

**To Cite:** Dizikısa, T., Yıldız, N., 2023. The Effect of Different Organic Fertilizers on Soil Properties in Tolering Climate Change. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(Special Issue): 1049–1068.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10026903>.

---